

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

Учебное пособие

*Допущено УМК по строительным, дорожным
и подъемно-транспортным машинам УМО вузов РФ
по строительному образованию в качестве учебного пособия*



Владимир 2011

УДК 691
ББК 381
М55

Авторы:

Б.Г. Ким, А.С. Жив, Н.Н. Тур, О.А. Бардышев,
Т.В. Максимова, В.В. Федоров, Т.Ю. Сапоровская, Р.Н. Прохоров

Рецензенты:

Кандидат технических наук, доцент,
профессор кафедры строительного производства
Владимирского государственного университета
К.А. Дубов

Доктор экономических наук, профессор, исполнительный директор
НП СРО «Объединение проектировщиков Владимирской области»
Б.В. Генералов

Печатается по решению редакционного совета
Владимирского государственного университета

Механическое оборудование производства неметаллических
М55 строительных изделий и конструкций : учеб. пособие / Б. Г. Ким
[и др.]; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-
та, 2011. – 220 с. – ISBN 978-5-9984-0185-5.

Содержит основные сведения по устройству и работе машин и оборудова-
ния, используемых на предприятиях промышленности строительных материалов
для добычи и переработки сырья, а также для производства железобетонных, си-
ликатных изделий, теплоизоляционных и гипсовых материалов; даны рекомен-
дации по выбору машин с учетом условий их работы.

Предназначено для студентов 2 – 3-го курсов очной и заочной форм обучения
направления 270100 – строительство при подготовке бакалавров и магистров.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соот-
ветствии с ФГОС 3-го поколения.

Табл. 6. Ил. 49. Библиогр.: 16 назв.

УДК 691
ББК 381

ISBN 978-5-9984-0185-5

© Владимирский государственный
университет, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Раздел 1. Машины и оборудование для добычи сырья	6
1.1. Способы добычи сырья, карьер и его элементы.....	6
1.2. Землеройно-транспортные машины.....	10
1.3. Экскаваторы.....	13
1.4. Оборудование для гидромеханизации карьерных работ.....	19
<i>Контрольные вопросы</i>	23
Раздел 2. Оборудование для механизации транспортных и складских работ	24
2.1. Машины непрерывного транспортирования (транспор- тирующие машины).....	24
2.2. Погрузочно-разгрузочные машины.....	29
2.3. Техника безопасности при эксплуатации погрузочно- разгрузочных машин.....	31
2.4. Грузоподъемные машины.....	32
<i>Контрольные вопросы</i>	50
Раздел 3. Дробильно-помольное и сортировочное оборудование	51
3.1. Машины для грубого измельчения (дробления) материалов.....	51
3.2. Машины для тонкого и сверхтонкого измельчения и помола материалов.....	70
3.3. Машины для механической сортировки материалов.....	85
3.4. Оборудование для воздушной сортировки материалов и пылесосаждения.....	95
3.5. Оборудование для гидравлической классификации и электромагнитного обогащения материалов.....	99
<i>Контрольные вопросы</i>	108
Раздел 4. Оборудование для дозирования и смешивания материалов	110
4.1. Бункеры и силосы, питатели и дозаторы.....	110
4.2. Смесители для сухих материалов.....	121
4.3. Смесители для пластичных и жидких масс.....	127
<i>Контрольные вопросы</i>	130
Раздел 5. Оборудование технологических линий для производства бетонных и железобетонных изделий ... 131	131
5.1. Оборудование для заготовки арматуры.....	131
5.2. Оборудование для виброуплотнения бетонной смеси.....	132

5.3. Оборудование для формования пустотелых железобетонных изделий.....	150
5.4. Оборудование для формования железобетонных труб.....	158
5.5. Оборудование для производства бесцементных и ячеистых бетонов.....	160
<i>Контрольные вопросы</i>	168
Раздел 6. Оборудование для производства органических материалов.....	169
6.1. Оборудование для производства фибролита.....	169
6.2. Оборудование для производства древесноволокнистых плит.....	173
6.3. Оборудование для производства изделий из пластических масс.....	176
<i>Контрольные вопросы</i>	182
Раздел 7. Оборудование для производства неорганических материалов.....	183
7.1. Оборудование для производства теплоизоляционных материалов.....	183
7.2. Оборудование для производства керамических изделий.....	186
7.3. Оборудование для производства силикатных изделий.....	194
<i>Контрольные вопросы</i>	197
Раздел 8. Автоматизация процессов на технологических линиях.....	198
8.1. Автоматизация камер ускоренного твердения.....	198
8.2. Автоматизация ямных пропарочных камер.....	200
8.3. Автоматизация тепловлажностной обработки изделий в кассетных машинах.....	202
8.4. Автоматизация линий раздачи бетонной смеси и подачи цемента.....	203
8.5. Использование работ и манипуляторов в производстве неметаллических строительных изделий и конструкций.....	203
<i>Контрольные вопросы</i>	206
Раздел 9. Техническая эксплуатация машин и оборудования.....	207
9.1. Основные вопросы технической эксплуатации машин.....	207
9.2. Организация системы планово-предупредительного ремонта машин и оборудования.....	210
<i>Контрольные вопросы</i>	212
Библиографический список	213

ВВЕДЕНИЕ

Строительная промышленность – одна из важнейших отраслей строительного производства.

Особенность этой отрасли состоит в том, что ассортимент изделий включает тысячи наименований с частицами микронных размеров до крупноразмерных изделий для сборного строительства, объемных элементов для жилищного строительства и т.д.

Для получения материалов необходимо добыть, перемешать и переработать сотни миллионов тонн минерального сырья, материалов и топлива. Для этого следует применять современные высокопроизводительные и экономичные машины и оборудование.

В промышленности строительных материалов важно использовать комплексную механизацию и автоматизацию процессов производства, не только повышая при этом качество строительных материалов и изделий, но и снижая их себестоимость. Необходимо подготавливать квалифицированных специалистов, которые должны хорошо знать устройство и работу машин и механизмов.

Раздел 1. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОБЫЧИ СЫРЬЯ

1.1. Способы добычи сырья, карьер и его элементы

Месторождения полезных ископаемых можно разрабатывать открытым, закрытым, комбинированным способами и способами гидромеханизации. При комбинированном способе верхняя часть месторождения разрабатывается открытым способом, а нижняя – подземным.

Месторождения нерудных ископаемых часто разрабатываются с применением открытых горных работ (в карьерах). Карьер (фр. *carriere* < позднелат. *quarraria, quadraria* – камнеломня) – совокупность горных выработок в земной коре, образованная в результате ведения горных работ по добыче ископаемых. Верхний контур карьера – линия пересечения его бортов с земной поверхностью, а нижний – с его дном (рис.1.1). Часть борта карьера в форме ступени, разрабатываемая с применением самостоятельного комплекса добычного и транспортного оборудования,

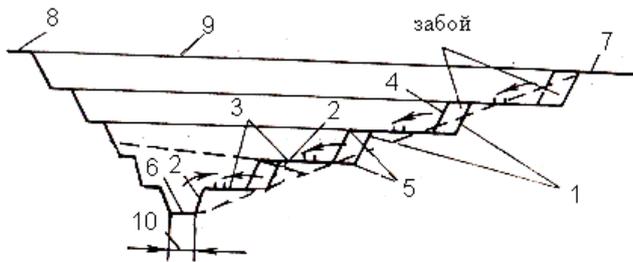


Рис. 1.1. Элементы карьера: 1 – уступ;
2 – подступ; 3 – площадка уступа;
4 – откос уступа; 5 – бровка уступа;
6 – подошва карьера; 7 – рабочий борт;
8 – нерабочий борт; 9 – верхний контур
карьера; 10 – нижний контур карьера

называется уступом (рис.1.2). Объем горных пород в пределах карьерного поля, соответствующий по высоте уступу, называют слоем. Часть уступа по его высоте, разрабатываемая самостоятельными средствами выемки, но обслуживаемая транспортом, общим для всего уступа, называется подступом.

Площадки уступов делятся на рабочие (на них находится добычное и транспортное оборудование), предохранительные (служат для повышения устойчивости бортов карьера и обеспечения безопасности работ) и транспортные (по ним проложены рельсовые пути, автодоро-

ги, конвейеры). Площадка, на которой установлено основное горное оборудование для разработки одного или нескольких уступов и положение которой определяется отметкой, примыкающей к площадке вскрывающей траншеи, называется рабочим горизонтом.

Наклонная плоскость, ограничивающая уступ со стороны выработанного пространства, называется откосом уступа. Линия пересечения откоса уступа с его верхней или нижней площадкой называется соответственно верхней и нижней бровкой уступа. Торцец, или откос уступа, являющийся непосредственно объектом горных работ, называется **з а б о е м**.

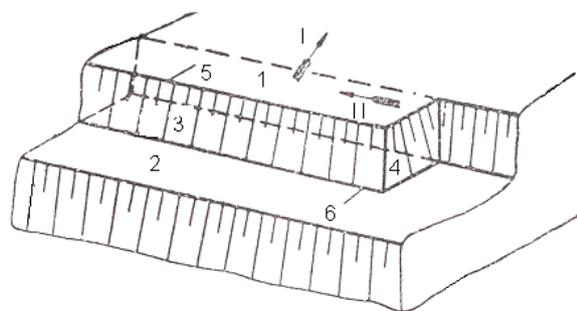


Рис. 1.2. Уступ карьера: I – направление движения фронта работ; II – направление разработки забоя; 1 – верхняя площадка; 2 – нижняя площадка; 3 – откос; 4 – забой; 5 – верхняя бровка; 6 – нижняя бровка

Уступ разрабатывают последовательными полосами – **з а х о д к а м и** – это части уступа, на которые последний делится по ширине. Часть заходки по длине, разрабатываемая самостоятельными средствами отбойки и погрузки, называется **б л о к о м**. Длина блоков устанавливается в зависимости от интенсивности разработки, высоты уступа и возможности бесперебойного обеспечения транспортом.

Блоки, подготовленные для разработки, составляют рабочий фронт уступа, а неподготовленные – запасной фронт. Таким образом, длина фронта работ уступа соответствует длине заходки. Фронт работ карьера – суммарная протяженность фронтов всех уступов. Продвижение фронта вскрывших и добычных работ может быть параллельным, веерным и смешанным.

Скорость продвижения фронта работ зависит главным образом от условий залегания месторождений, степени механизации и организации горных работ и на современных карьерах колеблется от 40 до 450 м/год.

Уступы, находящиеся в одновременной разработке, составляют рабочую зону карьера; ее положение определяется отметками верхнего и нижнего уступов.

В результате разработки месторождения или его части образуется **выработанное пространство** – пространство, освобожденное от пород. Боковые поверхности карьера, ограничивающие выработанное пространство, называют **бортами**. Борт, на котором производятся горные работы, называется рабочим, а на котором они не производятся, – нерабочим.

Границы карьера – это положение его верхнего и нижнего контуров.

Максимальная глубина карьера, определенная расчетным путем при проектировании, называется **предельной глубиной**, фактическая глубина карьера по окончанию его разработки – **конечной глубиной**, поэтому различают предельный и конечный контуры карьера.

Техника безопасности при разработке карьеров

Важнейшее положение техники безопасности – возможность полной ликвидации несчастных случаев и предотвращения аварий. Одно из главных положений обеспечения безопасности труда – установление условий, при которых она гарантируется. Важны механизация и автоматизация производственных процессов как главное средство создания безопасных условий труда при максимальном его облегчении и наиболее высокой производительности. Это положение обосновывается возможностью обеспечения надежности горных машин и механизмов и безопасности их работы. Дистанционное управление машинами позволяет выполнить ряд процессов без непосредственного нахождения около них обслуживающего персонала.

На открытых разработках используют общие средства техники безопасности и применяют особые меры, разработанные для специфических условий открытых горных работ. К общим средствам техники безопасности для открытых разработок относят: предупреди-

тельные знаки и надписи, сигнализацию, предупреждающую о возникновении опасности, ограждения, предохранительные устройства, блокировку машин и оборудования, дистанционное и автоматическое управление, специальные предохранительные устройства и индивидуальные средства защиты.

Опасную зону устанавливают для отдельных машин, агрегатов и механизмов и для определенных производственных процессов, в результате которых возникает поражающее или вредное воздействие на известном расстоянии от места работ. Так, например, устанавливается опасная зона при работе одноковшового экскаватора в радиусе действия его ковша (с учетом поворачивающейся задней стенки кузова). Гидромонитор должен быть расположен от линии электропередачи на расстоянии не менее двукратной дальности полета струи, так как поражение электрическим током может произойти от соприкосновения струи гидромонитора с электрическими проводами, находящимися под высоким напряжением.

Для предупреждения об опасности людей необходимо обозначать опасные зоны на местности предупредительными знаками и надписями. Так, территория участка гидромониторных работ на расстоянии не менее полуторной дальности полета струи гидромонитора должна быть ограждена знаками, предупреждающими об опасности пребывания людей в этой зоне.

Важное средство техники безопасности – сигнализация. Известны разнообразные формы сигнализации, начиная от простейших сигналов флажками и т.п. до сложных систем автоматической сигнализации. Различают простейшие виды сигнализации: световые, цветовые сигналы и знаки, а также звуковые сигналы, подаваемые с помощью различных устройств: звонков, гудков и сирен. Сигналы подаются как для работающих в непосредственной близости (например, сигнал экскаватора перед началом работы), так и на большие расстояния.

Разрывы и габариты безопасности определяются величиной опасной зоны какого-либо объекта, например экскаватора по отношению к другому объекту. Несоблюдение разрыва безопасности, например при сопряженной работе двух экскаваторов, создает угрозу столкновения

и повреждения машин. Правила безопасности определяют кратчайшее расстояние между двумя экскаваторами как сумму их наибольших радиусов действия с учетом величины заброса ковша драглайна. Разрывы и габариты безопасности нормируются правилами безопасности или местными инструкциями.

Один из методов ограничения опасной зоны – применение ограждений установок. Ограждения используют для изоляции движущихся частей машин и механизмов, токоведущих частей оборудования, для предупреждения доступа к глубоким выемкам с крутыми откосами бортов.

Неотъемлемая часть техники безопасности – профилактические испытания и осмотры машин и оборудования. Установки гидромеханизации до пуска в эксплуатацию должны быть испытаны под давлением, превышающим нормальное рабочее (для труб – на 30 %, гидромонитора – 30 – 50 %, насосов и землесосов – 80 %).

Индивидуальные средства защиты, применяемые на различных работах, в том числе и на открытых разработках, можно рассматривать как одну из форм дублирования средств безопасности, так как ими, как правило, следует пользоваться вместе с основными мерами, направленными на предотвращение производственного травматизма и профзаболеваний. К индивидуальным средствам защиты относятся: защитные очки, каски, спецобувь и спецодежда, респираторы, противозащитные наушники, диэлектрические перчатки, рукавицы и обувь.

1.2. Землеройно-транспортные машины

В группу землеройно-транспортных машин входят бульдозеры, скреперы, автогрейдеры, грейдер-элеваторы. С помощью них грунт не только разрабатывается, но и транспортируется. Они имеют рабочий орган ножевого или ковшового типа.

Бульдозер – навесное оборудование гусеничных и колесных машин. В настоящее время в строительстве чаще всего применяют буль-

дозеры с гидравлической системой управления на базе гусеничных тракторов (рис. 1.3). Они используются для послойной разработки грунтов и их транспортировки на небольшие (до 100 м) расстояния.

С помощью бульдозеров планируют площадки, обратно засыпают пазух сооружений, расчищают территории от растительного слоя, камней, строительного мусора, сооружают котлованы, широкие траншеи, каналы, насыпи.

Рабочий орган – отвальный щит (отвал) ножевого типа.

Бульдозеры классифицируются:

– по способу установки рабочего органа они могут быть с неповоротным, поворотным и универсальным отвалом. В первом случае отвал постоянно зафиксирован перпендикулярно оси движения машины. Во втором случае он может быть развернут по отношению к продольной оси под углом до 50° . У машин третьей конструкции отвал, кроме того, может устанавливаться в вертикальной плоскости под углом $3 - 8^\circ$. Это позволяет проводить, например, планировочные работы по профилированию автодорог;

– по тяговому усилию базовой машины бульдозеры подразделяются на малогабаритные (10 – 30 кН), легкие (30 – 60 кН), средние (60 – 150 кН) и тяжелые (более 150 кН).

Для увеличения производительности при работе на легких грунтах отвалы оборудуются открылками, увеличивающими длину рабочего органа.

Отечественная промышленность выпускает бульдозеры с двигателем мощностью 523 кВт (711 л. с.) и размерами отвального щита 6,05 м в длину и 2,00 м в высоту, глубина заглубления до 0,71 м (Т-50.01), массой 90,1 т. Основная масса бульдозерного парка имеет отвалы длиной 2,5 – 3,3 м, высотой 1,0 – 1,3 м. Производительность бульдозеров зависит не только от расстояния транспортировки грунта, но и уклона (подъема) площадки.

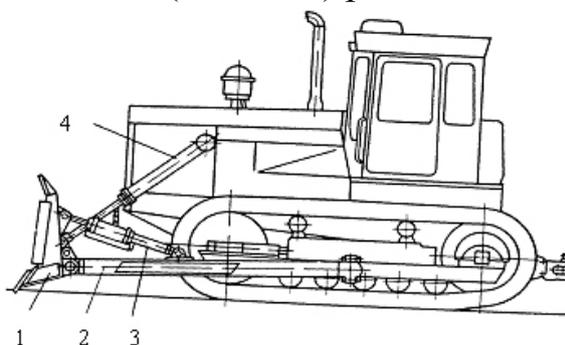


Рис. 1.3. Бульдозер с неповоротным отвалом: 1 – отвал; 2 – толкающий брус; 3 – гидрораскос; 4 – гидроцилиндр подъема-опускания отвала

Кроме размеров отвала для эксплуатационников важны его максимальное заглубление, максимальное тяговое усилие базовой машины.

Скреперы – машины с ковшовым рабочим органом. Вместимость ковшей может достигать 40 м^3 . Такие машины предназначены для сооружения насыпей, выемок, послойного срезания, планировки и отсыпки грунтов 1 – 3-й категорий, не содержащих крупных каменных включений. Активно применяются в дорожном строительстве. Скреперы выпускают прицепными, полуприцепными (рис. 1.4) и самоходными. В настоящее время большинство из них имеют гидравлический привод.

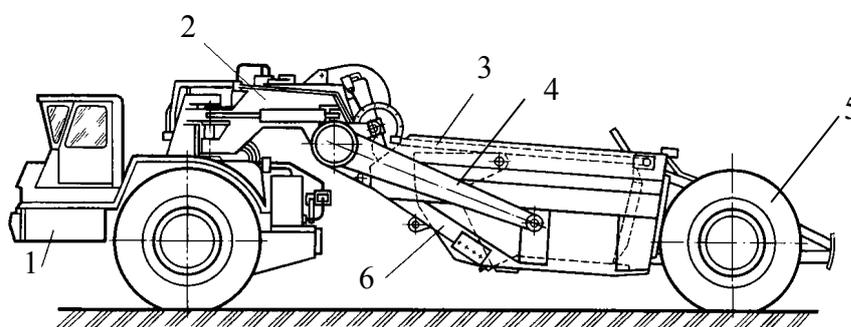


Рис. 1.4. Полуприцеп скрепер:

- 1 – одноосный тягач; 2 – хобот рамы; 3 – ковш;
4 – П-образная тяговая рама; 5 – буфер;
6 – передняя заслонка*

Ковш скрепера заполняется грунтом при движении машины. Грунт, срезаемый ножевой кромкой ковша, на некоторых моделях машин подбирается скребковым конвейером (принудительная загрузка) либо заполняет ковш, перемещаясь по ранее поступившей стружке (тяговая загрузка). В первом случае нагрузка на двигатель существенно ниже, чем во втором. При этом не возникает потребности в дополнительном толкаче (тягаче), часто используемом при тяговой загрузке. Заполненный ковш закрывается передней заслонкой, поднимается в транспортное положение, и машина перемещается к месту укладки грунта. Расстояние транспортировки грунта может составлять несколько километров. Ковш можно разгружать на ходу. Грунт из ковша вытесняется с помощью гидроцилиндров перемещающейся задней стенкой, а величина слоя выпадающего грунта регулируется шириной щели, образуемой при поднятии заслонки.

Эксплуатационная часовая производительность скреперов Π_3 определяется по формуле

$$\Pi_3 = ngK_n K_v / K_p,$$

где n – число циклов наполнения ковша в час;

g – вместимость ковша;

K_n – коэффициент наполнения ковша (0,6 – 1,1);

K_v – коэффициент использования машины по времени (0,7 – 0,9);

K_p – коэффициент разрыхления грунта (1,1 – 1,3).

1.3. Экскаваторы

Одноковшовые экскаваторы

Одноковшовые экскаваторы используют для работы в карьерах (карьерные экскаваторы), проведения вскрышных работ (вскрышные экскаваторы) при строительстве каналов, добычи строительных материалов, полезных ископаемых, сооружения насыпей и выемок различного назначения.

По назначению машины классифицируют на следующие группы:

- экскаваторы строительные (их масса может превышать 100 т);
- карьерные (для работы в карьерах, добычи строительных и других материалов, вместимость ковша – до 25 м³);
- вскрышные (применяются для вскрытия грунта для последующей разработки полезных ископаемых, некоторых других видов работ, вместимость – до 150 м³, масса – до 13 000 т);
- шагающие драглайны (используются, в первую очередь, при сооружении каналов, гидротехническом строительстве, вместимость ковша достигает 100 м³, длина стрелы – до 100 м).

В промышленном и гражданском строительстве применяют машины с ковшом вместимостью, обычно не превышающей 2,5 м³. Такие машины входят в группу строительных экскаваторов. Многие модели выпускаются в соответствии с ранее принятой индексацией, от-

ражающей основные технические характеристики экскаваторов. Она состоит из букв ЭО (экскаватор одноковшовый) и четырех цифр. Первая цифра, в частности, отражает вместимость основного ковша: 1 – 0,15, 2 – 0,25, 3 – 0,4, 4 – 0,63, 5 – 1,00, 6 – 1,6, 7 – 2,50, 8 – 4,00 м³. По этой цифре можно определить примерную массу машины и мощность двигателя. Например, мощность двигателя гидравлического экскаватора четвертой размерной группы по ГОСТ 22894 – 77 составляет не менее 110 л. с., а масса – не более 23 т (для гусеничных машин). Вторая цифра указывает на тип ходового оборудования. Третья цифра характеризует способ подвески ковша: 1 – канатная, 2 – жесткая, телескопическая; четвертая – номер модели. Далее могут следовать буквы А, Б, В ..., означающие номер модернизации модели, а также специальное климатическое исполнение (Хл – северное, Т – тропическое, Тв – тропическое влажное).

Важнейший фактор, который ограничивает область применения машин, – степень их универсальности. По этому признаку они подразделяются на неуниверсальные специализированные, полууниверсальные и универсальные. Первые работают, как правило, с одним видом рабочего оборудования, вторые – с очень малым количеством его разновидностей (2 – 4). У универсальных экскаваторов номенклатура рабочего оборудования может насчитывать несколько десятков позиций.

Основные виды рабочего оборудования – прямая лопата (рис. 1.5), ковш, драглайн, грейфер.

Прямую лопату используют при работе в карьерах, сооружении котлованов, крупных выемок, погрузке грунта, сыпучих и кусковых материалов в транспорт. При этом, как правило, экскаватор располагается ниже уровня разработки грунта.

Обратную лопату применяют для рытья траншей, котлованов, других выемок. Уровень стоянки экскаватора чаще всего выше уровня копания.

Оборудование драглайна используют для сооружения выемок, возведения насыпей, добычи гравия из водоемов, вскрышных и некоторых других работ. Достоинство его конструкции – возможность

существенного увеличения по сравнению с другими видами рабочего оборудования радиуса копания за счет применения гибкой подвески ковша. Это позволяет забрасывать ковш дальше, например при невозможности приблизиться к объекту работ машины, оснащенной другим видом рабочего оборудования. Ковш драглайна выполнен в виде совка и заполняется при подтягивании к машине ковша после заброса.

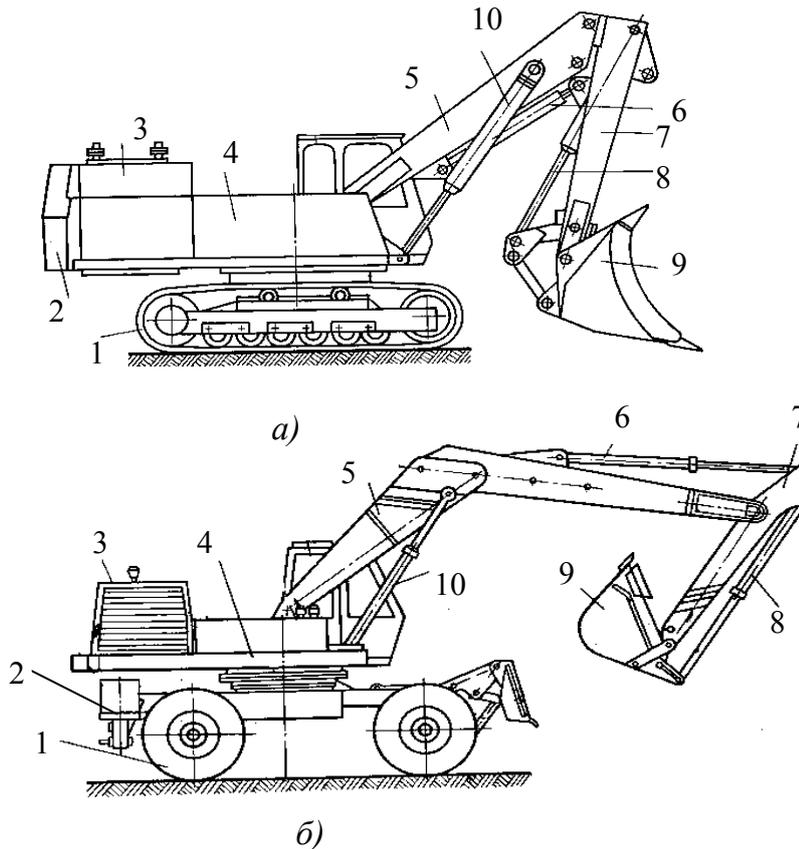


Рис.1.5. Одноковшовый гидравлический экскаватор: а – на гусеничном ходу (прямая лопата); б – на колесном ходу; 1 – ходовое оборудование; 2 – противовес; 3 – двигатель; 4 – поворотная платформа; 5 – стрела; 6 – гидроцилиндр управления; 7 – рукоять; 8 – гидроцилиндр управления ковшом; 9 – ковш; 10 – гидроцилиндр управления стрелой

С помощью экскаватора, оборудованного *грейфером*, в первую очередь копают глубокие колодцы, траншеи, добывают (в том числе из водоемов) и перегружают строительные материалы.

Другие, часто применяемые виды рабочего оборудования, устанавливаемого на экскаваторах, – крановое, копровое, рыхлительное, буровое. Экскаваторы с телескопической стрелой используются не только при отрыве от котлованов, но и при планировке откосов. При этом стрелы экскаватора и подвижная ее секция расположены параллельно плоскости откоса. Горизонтальную и наклонную планировки поверхностей можно выполнить с помощью шарнирно-сочлененного планировочного стрелового оборудования.

По системам управления экскаваторы подразделяют на машины с механической, пневматической, гидравлической и электрической системами. Основная масса машин выпускается с гидравлической системой управления, в большей мере обеспечивающей лучшие технико-экономические показатели эксплуатации, эргономические и экологические параметры. Основное рабочее оборудование гидравлических экскаваторов – ковш обратной лопаты. С его помощью можно не только рыть котлованы и траншеи, но и копать выше стоянки машины, а также проводить погрузочно-разгрузочные работы.

В отличие от машин с механической системой управления, гидравлические экскаваторы не имеют тормозных устройств, поскольку управление здесь основано на перераспределении потоков рабочей жидкости в гидросистемах. Жесткая связь базы машины с рабочим оборудованием позволяет реализовывать большие усилия резания как при копании с движением рукояти, так и за счет только поворота ковша вокруг оси. В экскаваторах с механической системой ковш прикреплен к рукояти жестко, напорные усилия на кромку ковша при резании зависят от массы рукояти и ковша. Рабочие процессы на некоторых моделях гидравлических машин автоматизированы.

Гидравлические экскаваторы малой мощности обычно выполняются в виде навесного оборудования колесных машин, что делает их неполноповоротными.

В последние годы стали активно применяться мини-экскаваторы, масса которых колеблется от сотен килограмм до 10 т, а вместимость ковшей – от 0,02 до 0,2 м³. Они снабжены колесным, гусеничным (в том числе резиногусеничные) ходовым оборудованием. С помощью

таких мини-экскаваторов проводят зачистные работы, роют кюветы, небольшие траншеи и котлованы, выполняют другие незначительные по объему земляные и вспомогательные работы. Они используются также внутри тоннелей, сооружений, зданий, в трюмах судов. Мини-экскаваторы транспортируют в кузовах грузовых автомобилей, контейнерах. Длины стрелы и рукояти таких моделей позволяют, как правило, загружать грунт в автотранспорт. Эти машины отличаются малым давлением на грунт, поэтому могут работать в садах, на стадионах, внутри зданий, не нарушая покрытий и верхнего растительного слоя. Мини-экскаваторы обычно работают с ковшами обратной лопаты, минимальная ширина которых может достигать 0,2 м. Мощность двигателей – от нескольких киловатт до 35 – 40 кВт. Выпускаются модели без кабины и с отапливаемой кабиной.

Для пользователей одноковшовых экскаваторов важны такие показатели, как вместимость ковша, максимальные глубина, радиус копания, высота выгрузки, продолжительность цикла копания, а также условия транспортирования машин.

Многоковшовые экскаваторы

Многоковшовые экскаваторы, так же как и одноковшовые, входят в группу землеройных машин, но являются машинами непрерывного действия. По назначению они подразделяются на машины для рытья траншей, каналов, карьерных, мелиоративных работ; по конструктивному устройству – на машины с цепным и роторным рабочим органом; по принципу действия – на поперечного и продольного копания.

В строительстве чаще всего применяют цепные траншейные экскаваторы (рис. 1.6), выполненные на базе колесных и гусеничных машин.

У колесных экскаваторов рабочий орган является навесным и представляет собой раму с огибающей ее цепью.

К цепи крепятся скребки различных размеров, что позволяет каждому скребку прорезать в грунте свой небольшой пласт грунта.

Глубина копания такими машинами не превышает обычно 1,6 м, а ширина траншеи – до 0,4 м. Они используются при разработке грунта 1 – 2-й категорий.

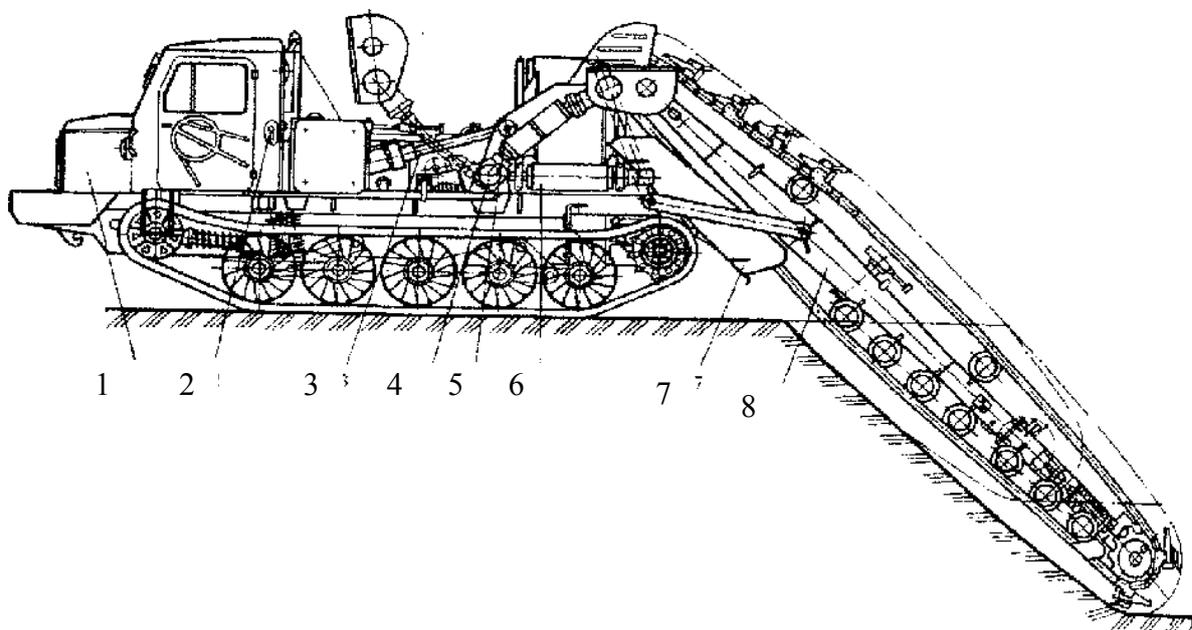


Рис. 1.6. Многоковшовый цепной траншейный экскаватор: 1 – двигатель; 2 – базовая машина; 3 – гидроцилиндр; 4 – распределительная коробка; 5 – механизм подъема-опускания рабочего органа; 6 – конвейер; 7 – лоток; 8 – рабочий орган

Гусеничные машины обеспечивают сооружение траншей глубиной до 6 м и шириной по дну до 1,6 м. Разрабатывается грунт 1 – 3-й категорий. Существуют модели экскаваторов, способные копать мерзлые грунты. При необходимости выполнения траншей трапецеидального сечения применяют специальные откосообразователи.

Для выдерживания глубины и постоянного угла наклона дна траншеи экскаваторы могут быть оборудованы системой автоматического контроля положения рабочего органа. Грунт в сторону от траншеи перемещают с помощью шнекового (для колесных машин), или ленточного, или скребкового конвейера.

Роторные экскаваторы (рис. 1.7) используют для сооружения траншей различного назначения, в том числе под инженерные коммуникации в грунтах 1 – 4-й категорий, а также в мерзлых грунтах (модели ЭТР-7, ЭТР-132Б, ЭТР-253А).

Роторные экскаваторы более производительны и надежны. Так, например, если рабочие скорости цепных экскаваторов не превышают 70 м/ч, то роторные машины могут передвигаться при работе со скоростями до 300 м/ч. С их помощью можно сооружать траншеи глубиной до 2,5 м и шириной более 2 м. Для лучшего опорожнения ковшей от грунта их днища могут быть цепными. При верхнем положении ковшей цепи прогибаются внутрь и выталкивают грунт. Для резания мерзлых грунтов козырьки ковшей оснащаются зубьями из твердых материалов. Причем на разных козырьках они расставлены таким образом, что каждый резец срезает грунт по своей траектории. Одинаково расставленные зубья встречаются лишь через несколько (например, через 7) ковшей.

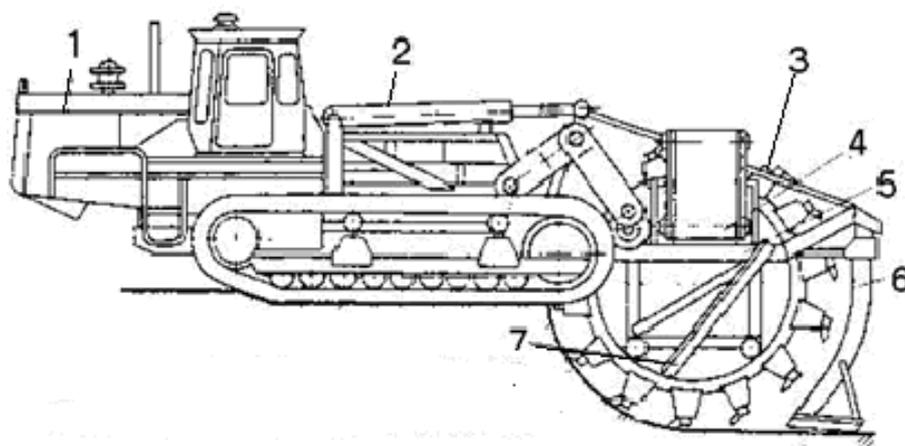


Рис. 1.7. Роторный экскаватор: 1 – базовая машина; 2 – механизм подъема-опускания рабочего органа; 3 – ротор; 4 – конвейер; 5 – рама; 6 – зачистное устройство; 7 – ножевой откосник

1.4. Оборудование для гидромеханизации карьерных работ

Способы гидромеханизации, их достоинства и недостатки

Гидромеханизация – способ механизации земляных и горных работ, при котором все или основная часть технологических процессов производится за счет энергии движущегося потока воды.

Гидромеханизация на карьерах нерудных строительных материалов применяется:

- для разработки подводных и сильно обводненных песчаных, песчано-гравийных месторождений с гидротранспортированием горной массы на дробильно-сортировочные и обогатительные устройства;

- удаления вскрышных пород в отвал;

- в общем технологическом процессе на песчано-гравийных предприятиях для гидротранспортирования песков в отвал, на хвостовом хозяйстве, для гидроклассификации песков, выделения гравия из песчано-гравийной массы, а также из старых отвалов.

Гидравлическая разработка позволяет использовать способность потока воды промывать и очищать материал от глинистых примесей, гидроклассификацию и разделение на фракции, его попутное обогащение. В гидромеханизации применяют гидромониторы, насосы, землесосы и другое оборудование.

Горную породу разрушают водой двумя способами: размывом напорной струей или размывом самотечным потоком, поступающим к всасывающей трубе землесоса.

Различают следующие способы ведения гидромеханизированных работ:

- гидромониторный, включающий гидромониторно-землесосный, гидромониторный с предварительным механическим рыхлением пород экскаваторами или бульдозерами;

- с плавучим землесосным снарядом – без механического рыхлителя породы и с механическим рыхлителем породы;

- комбинированный с гидротранспортированием от экскаватора.

На карьерах строительных материалов с помощью гидромеханизации:

- добывают на обводненных месторождениях плавучими земснарядами песчаную и песчано-гравийную массы с гидротранспортированием ее на обогатительную фабрику, гравиесортировку или карту намыва;

- добывают и погружают на баржи песчаную и песчано-гравийную массы плавучими земснарядами на речных месторождениях

ях, разгружают шаланды землесосными гидроразрушителями;

- разрабатывают гравийно-валунные месторождения черпаковыми снарядами;

- разрабатывают, транспортируют и складировуют в отвал вскрышные породы гидромониторно-землесосными установками;

- гидротранспортируют полезные ископаемые и вскрышные породы после экскаваторной разработки с помощью передвижных или полустационарных гидромеханизированных установок;

- образуют отвалы при колесном транспорте.

Основные достоинства гидромеханизации: поточность технологического процесса; возможность попутного обогащения полезного ископаемого при размыве, транспортировании и укладке горной массы; снижение себестоимости вскрышных работ по сравнению с экскаваторной разработкой пород; меньшие расходы на гидротранспортирование по трубам и лоткам, чем при автомобильном и железнодорожном; низкая металлоемкость оборудования, простота его изготовления; небольшая трудоемкость.

К недостаткам механизации следует отнести: значительный расход электроэнергии (при искусственном напоре); возможность применения только в мягких породах, поддающихся разрушению размывом; снижение производительности при работе в зимних условиях; потребность в сравнительно высоких объемах воды и площадях для ее водосбора.

Работа гидромониторов

Вода по водоводу подается к гидромонитору, из насадки которого под давлением и со скоростью до 80 м/с направляется на забой и разрушает его. Размытая порода вместе с водой образует гидросмесь, которая называется пульпой. Образовавшаяся пульпа по грунту стекает к зумпфу (углублению на площадке уступа), откуда засасывается грунтонасосом (землесосом) и по трубам перекачивается к месту укладки (гидроотвалу), где она отстаивается. При отстаивании порода

отделяется от воды и остается в отвале, а осветленная вода через водосборный колодец по канаве попадает к насосной станции для повторного использования или сбрасывания в естественный источник. Для самотечного движения пульпы от забоя до зумпфа подошве уступа придают уклон, вследствие чего часть породы остается неразмытой, образуя недомыв, который убирают бульдозеры или экскаваторы, укладываемые породу в отвал, смываемый струей гидромонитора в зумпф. Интенсивность размыва характеризуется объемом горной породы, размываемой 1 м³ воды. Увеличение высоты уступа до определенного предела увеличивает интенсивность размыва. Она также возрастает с увеличением расхода воды, уменьшением расстояния от гидромонитора до забоя и повышением компактности струи. Повышать давление струи гидромонитора целесообразно только до определенного оптимального предела. Современный грунтовый насос имеет корпус высотой до 3 м и две-три лопасти, способные перемещать по пульпопроводу камни размером до 300 мм в поперечнике к насосной станции для повторного использования или сбрасывания в естественный источник.

Работа землесосных снарядов

При разработке забоя с помощью плавучего землесосного снаряда (земснаряда) горная порода разрушается водным потоком, текущим к всасывающей трубе. Установленный на понтоне землесос засасывает по трубе воду вместе с породой и нагнетает пульпу в напорный трубопровод, от которого она по трубопроводу, уложенному на поплавках, транспортируется к месту укладки. Во всасывающую трубу вовлекаются только частицы, расположенные в зоне всасывания, где скорость потока достаточна для преодоления сцепления частиц между собой и их веса. Связанные породы таким способом разрушаются очень плохо, поэтому землесосные снаряды снабжаются рыхлителями. Современные земснаряды могут работать на глубине от 0,7 до 60 м.

Водоснабжение гидроустановок

Для водоснабжения установок гидромеханизации используют постоянные поверхностные водотоки, грунтовые воды. Применяют две схемы водоснабжения: прямоточную (вода используется один раз) и оборотную (вода после осветления на гидроотвалах используется повторно). На нерудных карьерах применяется оборотная схема водоснабжения.

При гидромеханизированных работах вода поступает на рабочие участки самотечным, напорным способом или их сочетанием с помощью центробежных насосов.

Электронасос центробежного типа имеет рабочее колесо, качающееся на ведущем валу. Структура рабочего колеса обеспечивает радиальное движение воды по направлению от центра к периферии, в процессе которого лопасти, имеющиеся внутри канала рабочего колеса, передают энергию накачиваемой воды как в виде давления, так и в виде увеличения скорости потока. На выходе из рабочего колеса вода устремляется в спираль, которая совместно с коническим диффузором обеспечивает преобразование части кинетической энергии в энергию напора.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные элементы карьера.
2. Назовите индивидуальные средства защиты при работе в карьере.
3. Как называется рабочий орган бульдозера?
4. При каких работах применяется скрепер?
5. Каковы устройство и принцип действия земснаряда?
6. Что такое гидромонитор?
7. Что такое пульпа?
8. Какие типы многоковшовых экскаваторов вам известны?

Раздел 2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ И СКЛАДСКИХ РАБОТ

2.1. Машины непрерывного транспортирования (транспортирующие машины)

В группу машин непрерывного транспортирования входят различного рода конвейеры, установки гидро- и пневмотранспорта. Их отличительная особенность – непрерывное перемещение грузов, в том числе сплошным слоем (сыпучих, порошкообразных, тестообразных и кусковых материалов).

В строительном производстве наибольшее применение нашли ленточные, пластинчатые, скребковые, винтовые конвейеры, ковшовые элеваторы, пневмотранспортные установки.

Ленточные конвейеры

Машины этого типа наиболее распространены в силу простоты конструкции и высокой производительности. Они применяются для горизонтального и наклонного перемещения грузов (известны конструкции для вертикального подъема штучных грузов). Груз транспортируется по движущейся бесконечной ленте (рис. 2.1), огибающей приводной и натяжной барабаны. Приводной барабан через редуктор соединен с электродвигателем, натяжной имеет специальное устройство (чаще винтового или пружинного типов) и обеспечивает постоянное натяжение ленты на барабанах. Ленты изготавливаются из нескольких слоев (3 – 10) прокладок из высокопрочной хлопчатобумажной (бельтинга) или синтетической ткани, залитых резиной. Имеются конструкции лент со стальными канатами вместо тканевых прокладок, а также из стальных полос и сеток.

Поверхность лент гладкая или, для увеличения угла подъема груза (в 1,5 – 2 раза), рифленая. Иногда для изменения угла подъема к ленте прикрепляют упоры. Лента поддерживается роlikоопорами, а в некоторых случаях перемещается по настилу. Стандартная ширина лент 0,3 – 3,0 м. Производительность конвейеров может достигать до 30000 т/ч, длина – до 4 км. Скорость ленты обычно находится в пределах 0,8 – 10 м/с. В строительстве применяют конвейеры в стационарном, передвижном (5 – 16 м длиной, с шириной ленты 0,40 – 0,65 м) и переносном (до 6 м длиной) исполнении. У прорезиненной ленты слой резины на рабочей поверхности больший, чем на нерабочей.

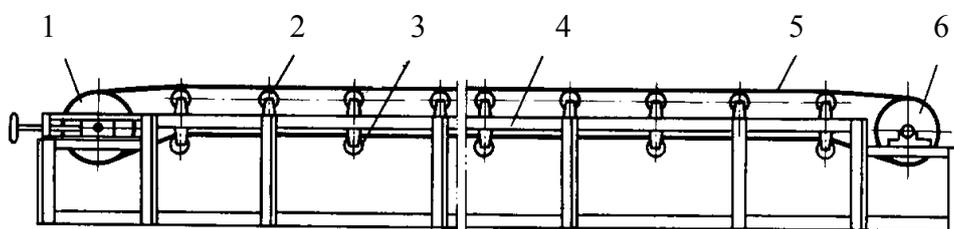


Рис. 2.1. Ленточный конвейер: 1 – натяжной барабан; 2 – опорный ролик; 3 – поддерживающий ролик; 4 – станция; 5 – лента; 6 – приводной барабан

Для увеличения площади сечения груза, а следовательно, и производительности лента может ложиться на две-пять роlikоопор в одном сечении, установленных под определенным углом друг к другу и придающих ленте лотковую форму.

Пластинчатые конвейеры

Машины этого типа применяют для транспортирования штучных и насыпных грузов в горизонтальном и наклонном направлениях. Несущая способность пластинчатых конвейеров существенно выше, чем у ленточных, поэтому они приспособлены к транспортировке крупных кусковых и штучных грузов. В строительстве они часто используются в качестве питателей (рис. 2.2) других работающих с ними

машин, например камнедробилок, обеспечивая их крупнокусковым материалом, доставляемым из карьеров. Тяговым органом являются, как правило, две цепи, огибающие концевые звездочки. К этим цепям крепятся металлические, реже – деревянные или пластмассовые пластины настила. Производительность конвейеров – до 2000 м³/ч, скорость передвижения – до 1,25 м/с, ширина настила – 0,4 – 1,6 м.

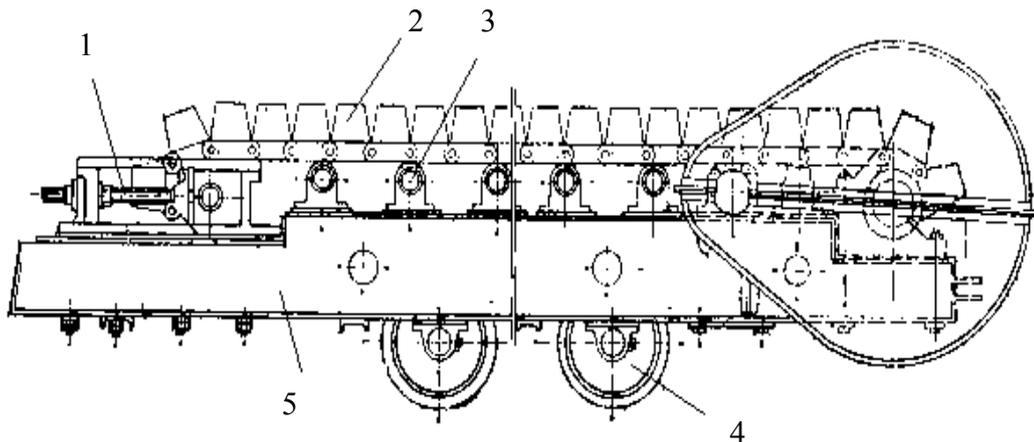


Рис. 2.2. Пластинчатый конвейер-питатель: 1 – натяжное устройство; 2 – цепь с пластинами; 3, 4 – опоры; 5 – рама

Скребковые конвейеры

Скребковые конвейеры используют для перемещения кусковых, сыпучих и порошкообразных, в том числе горячих, грузов. Тяговым элементом является цепь или две цепи, огибающие концевые звездочки. К цепям прикреплены скребки, которые перемещаются внутри короба (желоба). Скребки проталкивают по нему груз. На дне короба имеются разгрузочные отверстия, снабженные затворами. Чаще всего применяют конвейеры с высокими и низкими (погружными) скребками. В первом случае высота скребков примерно равна высоте бортов желоба. Груз транспортируется как бы порционно. Во втором случае скребки находятся внутри слоя перемещаемого материала, и весь массив груза перемещается за счет сцепления между отдельными частицами. Желоб может быть закрыт достаточно герметично, что важно при транспортировании пылящих и горячих грузов. Производитель-

26

ность конвейеров – до 700 т/ч, скорость перемещения обычно не более 0,5 м/с, ширина скребков – до 1,2 м, высота – до 0,4 м. При ширине скребка до 0,4 м, как правило, конвейер имеет одну цепь.

Ковшовые элеваторы

Ковшовые элеваторы предназначены для вертикального и крутонаклонного (60° и более) подъема сыпучих, порошкообразных, тестообразных и кусковых материалов на высоту до 75 м с производительностью до 500 м³/ч и более.

Краны должны быть зарегистрированы в территориальных органах Ростехнадзора, допущены к эксплуатации их инспектором. На предприятии должны быть аттестованные лица, ответственные за их работу: инженерно-технический работник по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов, ответственный за содержание грузоподъемных кранов в исправном состоянии и лицо, ответственное за безопасное производство работ кранами. В качестве первого лица выступает главный механик, вторым – обычно участковый механик, третьим – прораб или бригадир. Первые два работника обеспечивают исправное техническое состояние крана – обслуживание, ремонт, проведение освидетельствований и испытаний крана.

Непосредственно безопасную организацию работ с краном обеспечивает прораб или бригадир. Перед началом работ он обязан проверить наличие удостоверений у крановщика и стропальщиков, исправность крана и строповочных приспособлений, установку крана на площадке. Все грузоподъемные операции должны проводиться по проектам производства работ или по технологическим картам, типовым или разработанным для данного производства.

На строительной площадке должен быть плакат с указанием веса типовых деталей. Крановщик должен быть проинструктирован о характере предстоящей работы и проинформирован о весе и характере грузов.

Особое внимание следует обращать на установку крана. Запрещается устанавливать кран на снег или слабый грунт, кран должен быть выставлен горизонтально по уровню. В случае, если работа выполняется в зоне ближе 30 м от линии электропередач, она должна производиться по наряду-допуску, выдаваемому крановщику перед началом работы. При работе башенного или козлового крана необходимо проверить состояние пути и отсутствие препятствий для передвижения крана – материалов, лежащих на рельсах или в пределах габарита крана. Опасная зона, в пределах которой работает кран, должна быть ограждена или обозначена. При производстве работ крановщику запрещается подтаскивать груз, поднимать засыпанный или примерзший груз, освобождать краном заземленные грузом стропа, работать при нахождении в зоне работы крана посторонних лиц во избежание попадания их под груз или зажатия между поворотной частью стрелового крана и штабелем или стеной здания. Не допускается перемещать людей на крюке или грузе. Не допускается производить грузовые операции при нахождении людей в кабинах или кузове автомобиля или в железнодорожном полувагоне. Груз необходимо поднимать сначала на высоту 10 – 15 см, чтобы убедиться в правильности строповки и отсутствии перегрузки крана. Нельзя поднимать груз при нахождении людей под стрелой и проносить груз над людьми или помещениями, где могут находиться люди.

Работать на кране не допускается при его неисправности, в том числе при неработающих приборах безопасности, неисправности строповочных приспособлений, при отсутствии удостоверений у крановщика или стропальщиков, при плохом освещении, в сильный снег, дождь или туман, при температуре, ниже допускаемой в паспорте крана, при силе ветра, превышающей допустимую для данного крана. В соответствии с существующим законодательством ответственный за безопасное производство работ несет административную или уголовную ответственность за нарушения требований безопасности при работе кранов, которые привели или могли привести к аварии или травмам людей.

2.2. Погрузочно-разгрузочные машины

Погрузочно-разгрузочные машины используются на складских работах, а также при выполнении ряда других строительных операций, например копанию сыпучих и мелкокусковых материалов из массива или грунта 1 – 3-й категорий.

Кроме того, наличие широкого спектра сменного рабочего оборудования позволяет с помощью некоторых моделей этих машин корчевать пни, убирать строительный мусор, засыпать траншеи и пазухи сооружений, грузить древесину, проводить некоторые другие работы.

Самоходные строительные погрузчики имеют гусеничное или колесное ходовое оборудование и разделяются по принципу работы на машины циклического (периодического) и непрерывного действия. В качестве рабочего органа погрузчиков периодического действия выступают ковш, захват, стрела и т.п. Погрузчики непрерывного действия оборудованы каким-либо конвейером, обеспечивающим непрерывную подачу материала в транспортное средство.

Одноковшовые погрузчики

По роду разгрузки ковша они подразделяются на машины:

- с фронтальной (передней) разгрузкой (рис. 2.3);
- боковой разгрузкой путем поворота стрелы, опрокидывания;
- задней разгрузкой – через себя, для загрузки стоящего позади погрузчика транспорта.

Одноковшовые погрузчики могут иметь собственное оригинальное шасси или в качестве навесного оборудования устанавливаться на колесные и гусеничные машины вместимостью ковшей от нескольких десятков литров (у минипогрузчиков – до нескольких кубометров). Наряду с вместимостью ковшей, эксплуатационников интересуют грузоподъемность машины, ширина режущей кромки ковша, мак-

симальная высота разгрузки. Погрузчики оборудованы питателем (обычно винтового типа), подгребающим под ковшовый элеватор сыпучий или мелкокусковой материал. Из ковшей элеватора груз подается на ленточный конвейер, затем на транспортное средство.

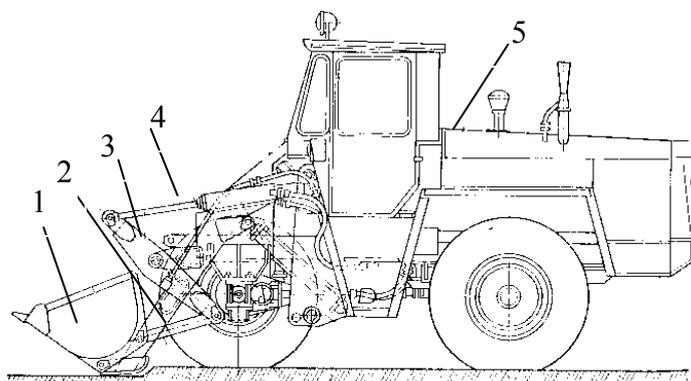


Рис. 2.3. Одноковшовый погрузчик: 1 – ковш; 2 – стрела; 3 – коромысло; 4 – гидроцилиндр управления ковшом; 5 – базовая машина

Вместо ковшового элеватора на таких машинах, как снегопогрузчики, используются скребковые конвейеры, загрузочное устройство представляет собой лопату, оснащенную подгребающими лапами (балансирами). Важнейшие эксплуатационные характеристики этих машин – техническая производительность, наибольший размер кусков погружаемого материала, ширина захвата питателем.

Автопогрузчики

Они представляют собой пневмоколесную машину (рис. 2.4), обладающую весьма высокой транспортной скоростью (до 50 км/ч). Спереди погрузчика расположена подъемная часть, состоящая из основной (наружной) и выдвигной (внутренней) рам. Выдвигная рама поднимается с помощью длинноходового цилиндра. По рамам перемещается каретка, на которой устанавливается сменное грузозахватное оборудование (чаще всего вилы и безблочные стрелы). Для устойчивого удержания грузов на вилах при перемещении автопо-

грузчика, а также для упрощения загрузки рама может наклоняться с помощью гидроцилиндров в ту или другую сторону. Другими видами сменного оборудования могут быть одно- и многоштыревые захваты, ковши. Рабочее оборудование погрузчиков-штабеллеров, предназначенных специально для складских работ (перемещающихся между

рядами грузов), устанавливается сбоку машины. Передние колеса, на которые приходится основная нагрузка, существенно крупнее задних. Обычно грузоподъемность автопогрузчиков не превышает 10 т, однако есть модели, предназначенные для перевозки большегрузных контейнеров, грузоподъемностью – до 25 т, высота подъема груза до 4,5 м. Автопогрузчики широко применяются в строительстве и на предприятиях стройиндустрии.

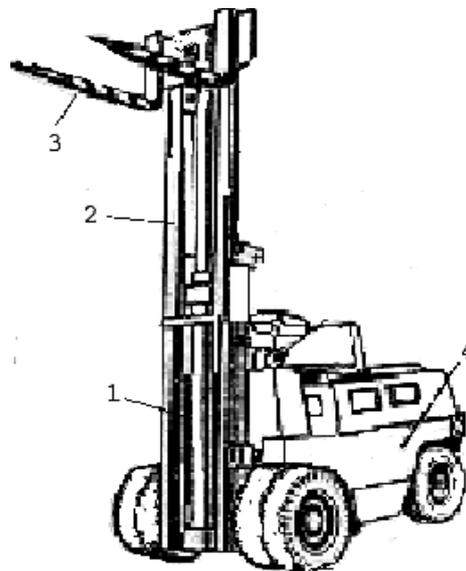


Рис. 2.4. Автопогрузчик: 1 – гидроцилиндр подъема-опускания грузоподъемника; 2 – грузоподъемник; 3 – вилочный захват; 4 – ходовое оборудование

2.3. Техника безопасности при эксплуатации погрузочно-разгрузочных машин

К погрузо-разгрузочным машинам относятся вилочные погрузчики, ковшовые фронтальные погрузчики, погрузчики для работы с контейнерами и погрузчики непрерывного действия. Погрузчики могут быть как с двигателями внутреннего сгорания, так и с электродвигателями. Последние применяются преимущественно в качестве внутрицехового транспорта и для механизации работы на складах.

Машинисты всех погрузочно-разгрузочных машин должны пройти обучение и быть аттестованы на право управления этими машинами. При работе вилочных погрузчиков нельзя превышать допусти-

мую грузоподъемность машины. Перед подъемом груза необходимо убедиться в надежности захвата груза вилами. При перемещении поднятого груза на вилах мачта погрузчика должна быть наклонена в сторону кабины для предупреждения соскальзывания груза. Не допускается поднимать людей на вилах или грузовой площадке. При использовании в качестве сменного оборудования кранового крюка нельзя поднимать груз при наклоненной мачте погрузчика.

При работе в цехе или на складе нельзя превышать скорость передвижения, указанную для погрузчиков в приказе по цеху и инструкции по эксплуатации, перемещать груз, поднятый на мачте.

При работе фронтальных ковшовых погрузчиков необходимо следить, чтобы ковшом не захватить посторонние предметы – трубы, кабели и другие объекты, которые могут быть засыпаны или заанкерены. При погрузке автомобиля необходимо следить, чтобы ковш не касался бортов автомобиля. После выгрузки ковш должен быть возвращен в горизонтальное положение до отъезда погрузчика от автомобиля. При погрузке автомобиля людей в кабине или кузове, а также в зоне работы погрузчика быть не должно.

2.4. Грузоподъемные машины

Классификация грузоподъемных машин

Грузоподъемные машины входят в класс машин, обозначаемый применяемым в настоящее время в нормативно-технической литературе понятием «подъемные сооружения». Подъемными сооружениями называются устройства для вертикального или вертикального и горизонтального перемещения людей и грузов: грузоподъемные краны, подъемники (вышки), мачтовые строительные подъемники, лифты, эскалаторы, канатные дороги, шахтные подъемники, тали и тельферы, люльки для подъема людей и грузов, лебедки и домкраты.

Грузоподъемные машины, применяемые в строительстве, – грузоподъемные краны, подъемники (вышки), строительные мачтовые подъемники, тали, тельферы, лебедки и домкраты. Существуют различные виды классификации грузоподъемных кранов, где в качестве определяющих признаков берутся конструкция, назначение, грузоподъемность кранов, рабочий диапазон температур, режимы работы и др. (рис. 2.5).

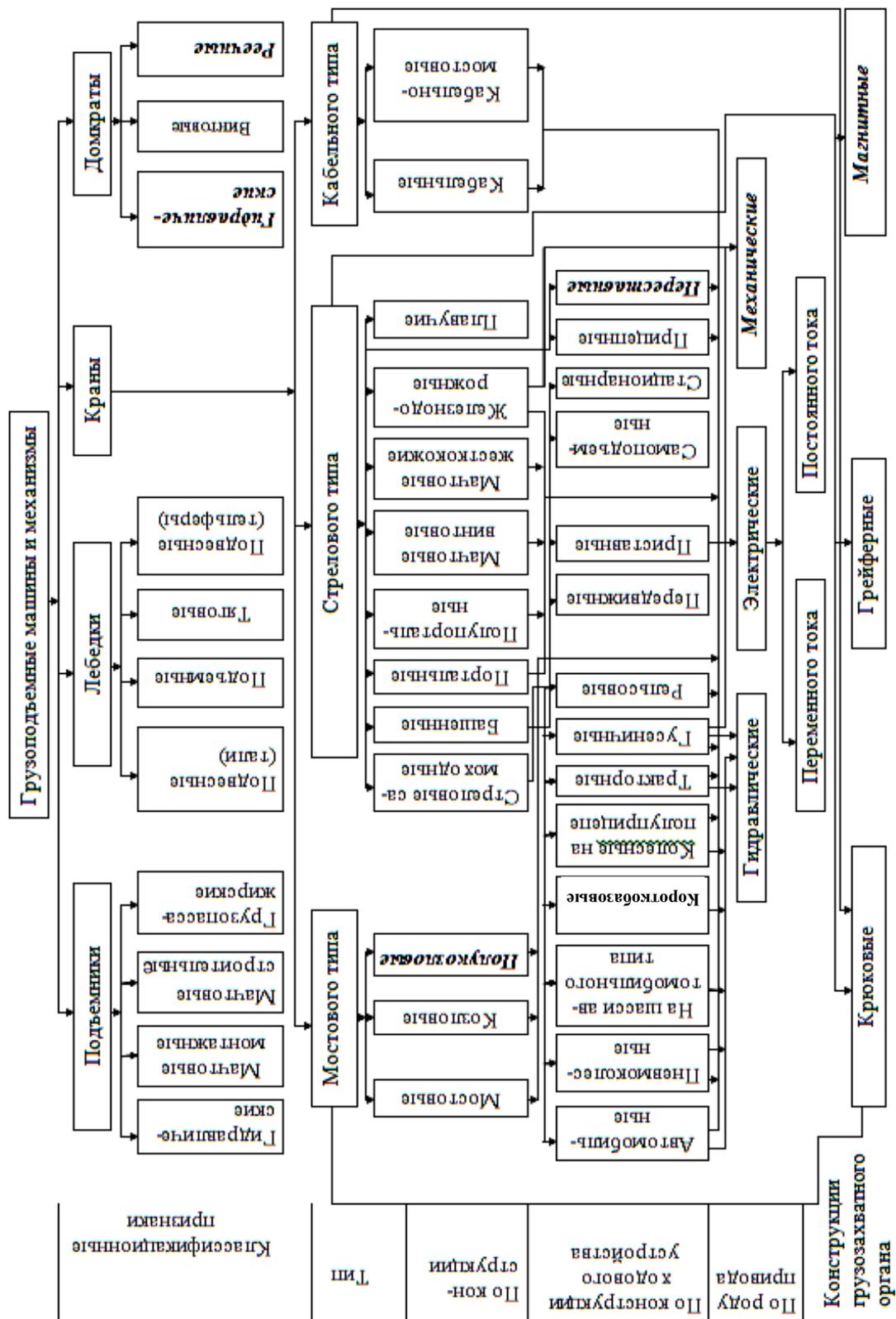


Рис. 2.5. Классификация грузоподъемных машин

Домкраты

В строительстве применяют винтовые, реечные и гидравлические домкраты. Винтовые домкраты – ручные, имеют грузоподъемность до 20 т и применяются в основном для ремонтных работ. Реечные домкраты применяются при монтажных работах, их грузоподъемность – до 10 тс. Гидравлические домкраты состоят из рабочего цилиндра (одноступенчатого или телескопического), насосной станции и бачка с рабочей жидкостью. Насосная станция может иметь ручной или электрический привод. Гидравлические домкраты могут обладать грузоподъемностью более 1000 т. Домкраты малой грузоподъемности применяют при строительстве и ремонте рельсовых путей, большой грузоподъемности – при монтаже тяжелых конструкций, например пролетных строений мостов. Домкраты могут входить в конструкции других более сложных машин. Распространены пневматические подушки. Кроме грузоподъемности пользователей интересует еще и высота подъема груза.

Тали и тельферы

Тали и тельферы – распространенные средства механизации грузоподъемных работ на промышленных предприятиях, складах и т.п. Тали бывают с ручным (цепным) приводом и электрические. Тельферы имеют электропривод и отличаются от талей наличием механизма передвижения вдоль ездовой балки, используются как подъемные механизмы кранов мостового типа или как самостоятельные грузоподъемные средства.

Таль представляет собой барабан с ручным приводом цепью или приводом от электродвигателя для намотки каната или цепи. Самоторможение при ручном приводе обеспечивается червячной передачей или храповым колесом. Таль подвешивается стационарно или перемещается вручную вдоль несущего рельса. Грузоподъемность ручных талей – до 3 т.

Тельфер имеет электропривод и снабжен механизмом передвижения. Редуктор встраивается в барабан лебедки, на втором конце вала

электродвигателя монтируется тормоз. Подъемный механизм снабжается устройством для ограничения высоты подъема крюковой обоймы. Тельфер подвешивается на роликах, перемещающихся по нижней полке двутавровой ездовой балки. Электропривод передвижения тормозом не оснащен. Тельфером управляют с помощью ручного пульта. Грузоподъемность применяемых в России тельферов – до 5 т.

Лебедки

Лебедки представляют собой машины, предназначенные для перемещения грузов с помощью каната. В конструкциях большинства лебедок для хранения каната предусмотрен барабан. Важный показатель – канатоемкость барабанов, которая может составлять сотни метров. Лебедки, не имеющие двигателя, – ручные, с двигателем – приводные (механические).

По числу барабанов они бывают однобарабанными (абсолютное большинство) и двухбарабанными. По конструктивному устройству их подразделяют на реверсивные и фрикционные. У фрикционных лебедок предусмотрено отключение барабана от механизма привода, что позволяет опускать груз действием силы тяжести. Это используется при разрушении мерзлых грунтов клин-молотами, забрасывании ковша драглайна. Грузоподъемность лебедок – до 12,5 тс. Для подъема и перемещения более тяжелых грузов используют *полиспасты* – системы блоков и огибающего их каната, позволяющие получить многократный выигрыш в силе или скорости. Лебедки используются и как части более сложных машин – кранов, экскаваторов и т.п.

Строительные подъемники

Строительные подъемники – преимущественно стационарные устройства, предназначенные для подъема людей и грузов на этажи здания через оконные проемы или балконы, для фасадных работ, а также для подачи стеновых материалов при строительстве каркасных

зданий. Они представляют собой мачту, крепящуюся к стене здания, по которой перемещается платформа с помощью канатов или зубчато-реечной передачи. Существуют подъемники, смонтированные на платформе, которые до определенной высоты могут не крепиться к стене здания. Устойчивость мачты обеспечивается в этом случае выносными опорами на платформе. Такие подъемники могут перемещаться вдоль здания и используются для фасадных работ. Ранее применялись так называемые шахтные подъемники, с помощью которых грузы подавались клетью, движущейся внутри шахты, прикрепленной к стене здания.

Мачты подъемников секционные, наращиваются по высоте по мере необходимости. У канатных подъемников рабочая площадка перемещается с помощью канатов, перекинутых через блоки головной части мачты, и лебедки, установленной у основания подъемника. У подъемников с зубчато-реечным приводом на мачте смонтирована зубчатая рейка. Площадка перемещается с помощью привода, состоящего из электродвигателя, тормоза, редуктора и приводной шестерни.

Подъемники снабжены устройствами безопасности (ловителями), останавливающими рабочую площадку при превышении скорости опускания.

Подъемники (вышки)

Подъемники (вышки) применяют для фасадных работ, сооружения, ремонта и обслуживания линий электропередач и осветительных устройств и т.п. Различие между строительными подъемниками и «вышками» состоит в том, что подъемник может перемещать людей и грузы по вертикали и в горизонтальной плоскости, вышка – только по вертикали. Подъемники могут быть с коленчатой или телескопической стрелой, вышки имеют телескопическую стрелу, вертикально перемещающую рабочую площадку (люльку). Грузоподъемность подъемников колеблется от 100 до 500 кг. Максимальная высота подъема разными моделями подъемников и вышек составляет 6 – 70 м.

По конструкции ходовой части подъемники (вышки) могут быть

самоходными, установленными на собственной базе, на автомобиле, тракторе или железнодорожной дрезине, прицепными или передвижными. Привод рабочего органа – стрелы – может быть механическим (телескопические вышки ТВ-5, подъемники АП-17), электрическим (фасадные вышки) или гидравлическим (вышки ТВ-5Г, подъемники ВС-22, АПП-17). Большинство подъемников – полноповоротные или неполноповоротные, вышки же не имеют механизма поворота стрелы.

Конструктивно подъемники представляют собой платформу, установленную на транспортном средстве и снабженную винтовыми или гидравлическими выносными опорами. Силовая установка самоходных подъемников – двигатель базовой машины. На поворотной платформе смонтирована стрела. Коленчатая стрела состоит из одного, двух или трех складывающихся колен, управляемых гидроцилиндрами или канатной системой. В последнем случае на платформе установлена лебедка. Телескопические стрелы с гидравлическим или канатным приводом могут иметь несколько секций. На конце стрелы устанавливается люлька, обычно предназначенная для работы одного или двух человек. Люлька снабжена устройством, обеспечивающим постоянно горизонтальное положение ее пола.

Подъемником управляют с пульта на поворотной платформе, дублирующий пульт устанавливают в люльке. Поскольку подъемники предназначены для подъема людей, особое внимание обращается на безопасность их работы: на них устанавливают ограничители предельного груза и другие приборы безопасности.

Наряду с грузоподъемностью и высотой подъема люльки важными эксплуатационными характеристиками являются максимальный вылет и угол поворота поворотной части.

Лифты

Лифты представляют собой устройства для подъема людей (пассажирские) или грузов (грузовые) в зданиях и сооружениях, а также на некоторых машинах, например на высоких башенных кранах.

Наиболее распространена схема лифтов с лебедкой наверху. Кабина и противовес движутся по направляющим внутри лифтовой

шахты, привод обеспечивается системой канатов с бесконечной навивкой на барабане лебедки. Современные лифты имеют кнопочное управление и оснащены системой автоматики, позволяющей останавливать их в заданном месте. Для остановки лифта при превышении скорости опускания предусмотрены специальные устройства – ловители. Для смягчения удара противовеса и кабины в нижнем положении устанавливают буферные устройства на дне шахты. Они не задействуются при нормальной работе лифта.

Лифты имеют, как правило, электрический привод, но существуют лифты с гидравлическим приводом, например для подъема автомобилей в многоэтажных гаражах.

Стреловые краны

Стреловые краны отличаются многообразием назначения и конструкций и являются основным видом кранов, применяемых в строительстве. Из всей номенклатуры стреловых кранов наибольшее распространение в строительстве получили башенные и стреловые самоходные краны. Портальные краны используют преимущественно в гидротехническом строительстве, железнодорожные – при строительстве и реконструкции мостов и верхнего строения путей железных дорог, а также при их электрификации для установки опор контактной сети. Краны-трубоукладчики применяют при строительстве магистральных трубопроводов.

Характерное отличие стреловых кранов от рассмотренных выше механизмов – требование обеспечения их грузовой устойчивости, т.е. соотношения удерживающего и опрокидывающего моментов при работе с грузом. Это отношение при проектировании кранов и определении их грузовых характеристик устанавливается нормативной документацией, для отечественных кранов минимальная величина этого отношения – 1,4.

Важнейшие эксплуатационные характеристики стреловых кранов – грузоподъемность, максимальная высота подъема крюка, максимальный вылет стрелы. Следует иметь в виду, что грузоподъемность крана

существенным образом зависит от вылета стрелы и определяется при проектных работах по специальным диаграммам, на практике – по указателю грузоподъемности, установленному на стреле крана.

Стреловые самоходные краны – основной вид мобильных кранов, используемых в строительстве как для погрузочно-разгрузочных, так и для монтажных работ. Промышленность России выпускает серийно краны грузоподъемностью до 100 т, за рубежом изготавливают краны грузоподъемностью до 1000 т и более.

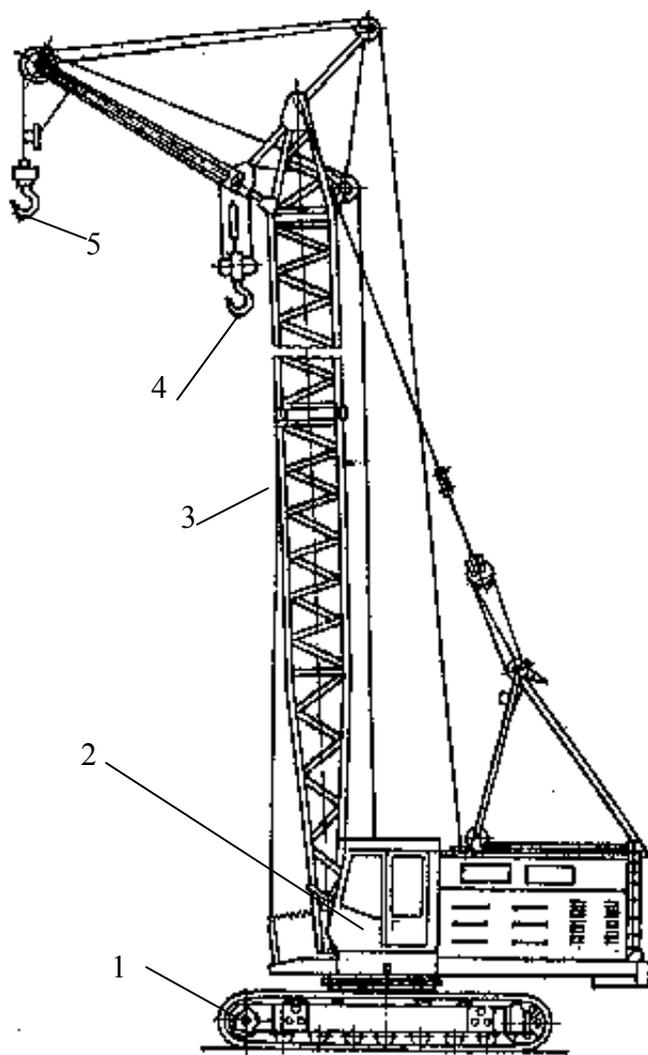
Индексация стреловых самоходных кранов определена ГОСТом и в основном предприятиями-изготовителями выдерживается. Краны обозначаются буквами КС (кран стреловой) и четырьмя цифрами, например КС-3574. Первая цифра обозначает размерную группу по грузоподъемности крана, связанную с международными стандартами: 1 – 4; 2 – 6; 3 – 10; 4 – 16; 5 – 25; 6 – 40; 7 – 63; 8 – 100; 9 – более 100 т. Вместе с тем в ходе модификации кранов возникает потребность в промежуточных значениях грузоподъемности, поэтому первую цифру рассматривают как интервал от первоначальной цифры до последующей. Например, кран КС-3577 имеет грузоподъемность 14 т. Вторая цифра характеризует базу крана. Цифра 1 обозначает краны на гусеничном ходу, 2 – на уширенном гусеничном. Вместе с тем для гусеничных кранов эти обозначения не прижились. Цифра 3 обозначает краны на пневмоколесном ходу, 4 – на спецшасси автомобильного типа, 5 – на базе автомобиля, 6 – на базе трактора, 7 – прицепные краны. Цифры 8 и 9 были оставлены в качестве резервных и используются для кранов на спецшасси и короткобазовых. Четвертая цифра – присвоенный номер модели крана. Возможно наличие на этом месте двух цифр, например у крана КС-35719. В конце может стоять и буквенный индекс, характеризующий модификацию крана, т. е. совершенствование конструкции базовой модели без изменения ее основных параметров. Например, кран КС-4561А отличается от крана КС-4561 наличием гидропривода выносных опор. Могут быть индексы, характеризующие температурный режим эксплуатации крана. Обычным кранам в исполнении «У», предназначенным для работы в температурном интервале от +40 до –40 °С, этот индекс не присваивается.

Третья цифра характеризует вид подвески стрелы. Краны с гибкой (канатной) подвеской обозначаются цифрой 6, с жесткой (гидравлической) подвеской – цифрой 7.

Краны в северном исполнении (до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$) имеют индекс «ХЛ», в тропическом – до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ – индекс «Т».

Гусеничные краны

Эти краны в крановом парке строительства составляют около 10 %. Они используются в тех случаях, когда нужна большая грузоподъем-



*Рис. 2.6. Гусеничный кран в стреловом исполнении:
1 – ходовое оборудование; 2 – поворотная платформа;
3 – стрела; 4 – крюк главного подъема;
5 – крюк вспомогательного подъема (гусек)*

ность, перемещение на небольшие расстояния в пределах строительной площадки, точность в подаче груза, что характерно для монтажных работ. Отечественные гусеничные краны выпускаются грузоподъемностью 16 – 150 т. Краны имеют индексы МКГ – монтажный кран гусеничный, СКГ – строительный кран гусеничный, ДЭК – дизель-электрический кран. В строительных организациях много кранов марки РДК, выпускавшихся заводом «Цемаг – Цейс» в Германии. Цифра после индекса обозначает грузоподъемность крана в тоннах или килоньютонках, например МКГ-25, РДК-250 (рис. 2.6).

Базой гусеничного крана служит ходовая рама с гусеничными тележками. На ней смонтировано опорно-поворотное устройство, на котором установлена поворотная платформа, где расположены все основные механизмы крана – стреловая, грузовая и вспомогательная лебедки, силовая установка, механизм поворота крана, стрела и стойка стрелы, электрошкафы. Большинство кранов имеет дизель-электрический или электрический привод исполнительных органов. Дизельный двигатель с генератором устанавливаются в задней части поворотной платформы и одновременно служат противовесом. Кроме этого навешивается и литой чугунный противовес. Дизель-электрические краны могут работать и от внешней сети.

Стрелы гусеничных кранов преимущественно решетчатые секционные, в обычном или башенном исполнении. За счет установки дополнительных секций стрелы могут достигать длины 50 – 70 м, с увеличением длины стрел грузоподъемность крана снижается. Стрелы часто снабжаются гуськом, на котором подвешивается крюковая обойма вспомогательного подъема. Головные блоки основного подъема устанавливаются в верхнем конце стрелы. Скорости вспомогательного подъема существенно выше, чем у основного. Некоторые краны имеют микроподъем с очень малой скоростью подъема груза, предназначенный для монтажных работ. При транспортировании кранов с объекта на объект стрелы демонтируют (кроме корневой) части и перевозят отдельно. Безопасность работы крана обеспечивается наличием ограничителей грузоподъемности, высоты подъема крюка и угла наклона стрелы. Гусеничные краны с телескопической стрелой разработаны, но выпускаются в единичных экземплярах.

Пневмоколесные и короткобазовые краны

Пневмоколесные краны составляют около 15 % парка стреловых самоходных кранов и выпускаются грузоподъемностью 16 – 100 т. Они так же, как и гусеничные, преимущественно используются на стройплощадках в тех случаях, когда предусмотрено, что кран будет находиться на одном объекте достаточно продолжительное время.

Конструкция собственно крановой части этих машин принципиально практически не отличается от описанной выше у гусеничных кранов, но кроме дизель-электрических имеются и краны с механическим приводом и гидротрансформатором, например КС-4361А. Существенно отличается ходовая часть, которая может представлять собой пневмоколесную самоходную тележку или полуприцеп. Ходовая рама этих кранов опирается на два моста, один из которых – с управляемыми колесами. Приводными могут быть или задний мост, или оба моста. У кранов с механическим приводом вращение на мосты передается карданными валами, у дизель-электрических кранов – привод от электродвигателей. Управление поворотом передних колес – гидравлическое.

Ходовая рама оборудована гидравлическими выносными опорами (аутригерами). Аутригеры в рабочем положении обеспечивают горизонтальность установки поворотной платформы крана и увеличивают опорную базу машины.

В транспортное положение аутригеры могут откидываться вверх или вбок (вдоль рамы), а также втягиваться под раму. Краном в рабочем и транспортном положениях управляют непосредственно из кабины. Полуприцепные краны имеют в качестве тягача одноосный тягач (кран МКТ-40) или пневмоколесный трактор (кран МКТТ-100). В рабочем режиме краном управляют из кабины, в транспортном – из кабины тягача. Недостатком пневмоколесных кранов является низкая транспортная скорость – до 30 км/ч, поэтому при транспортировании на дальние расстояния краны, кроме полуприцепных, перевозятся на прицепе к автомобилю-тягачу. Стрела при этом демонтируется (за исключением корневой части). Вариантом пневмоколесных кранов можно считать короткобазовые краны, являющиеся промежуточными между пневмоколесными кранами и кранами на спецшасси. Короткобазовые краны имеют укороченную ходовую раму с двумя приводными и управляемыми мостами с колесами большого диаметра с независимой подвеской. Краны могут иметь скорость по шоссе до 90 км/ч, конструкция ходовой части обеспечивает хорошую маневренность на стройплощадке и высокую проходимость, благодаря чему

за рубежом эти краны получили название «внедорожные». Это краны гидравлические с телескопическими стрелами, управление выносными опорами – полностью гидравлическое из кабины. Краны могут иметь одну или две силовые установки (на ходовой раме и на поворотной платформе) и одну или две кабины управления (в рабочем и транспортном режимах).

Автомобильные краны

Это краны на базе серийных автомобилей и краны на базе спецшасси, т.е. шасси, специально разработанного для монтажа кранов или других машин. Собственно автомобильные краны на шасси серийных автомобилей выпускают грузоподъемностью до 30 т (рис. 2.7).

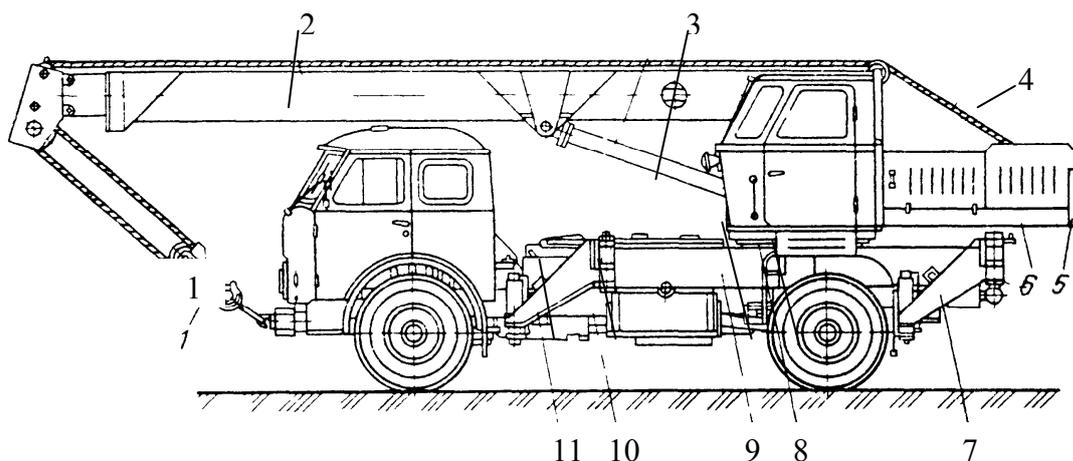


Рис. 2.7. Автомобильный кран с жесткой подвеской рабочего оборудования: 1 – крюковая подвеска; 2 – телескопическая стрела; 3 – цилиндр подъема стрелы; 4 – канат; 5 – противовес; 6 – поворотная рама; 7, 11 – выносные опоры; 8 – опорно-поворотное устройство; 9 – рама; 10 – ходовое устройство (шасси автомобиля)

Краны большей грузоподъемности имеют в качестве базы спецшасси (рис. 2.8) или усиленное шасси автомобиля.

За рубежом краны на серийных автомобильных шасси практически не выпускают. По компоновке оборудования на поворотной платформе краны с канатной и гидравлической подвеской существенно различают-

ся. У кранов с канатной подвеской стрела устанавливается в проушины в передней части поворотной платформы. Стреловая и грузовая лебедки монтируются в задней части платформы. Стрела поднимается и удерживается в поднятом положении канатами стрелового полиспаста с помощью двуногой стойки, через блок которой проходит и грузовой канат. Привод лебедок и механизма поворота может быть механическим, электрическим и гидравлическим. Краны с жесткой подвеской имеют телескопическую стрелу, состоящую из неподвижной корневой секции и выдвижных секций. Секции выдвигаются с помощью расположенных внутри них стрелы гидроцилиндров и канатной или цепной системы. Телескопическая стрела крепится к поворотной платформе в ее задней части. В передней части платформы устанавливаются один или два цилиндра подъема стрелы, соединенные шарнирно с корневой секцией в ее средней части. Грузовая лебедка и механизм поворота приводятся в движение гидромоторами.

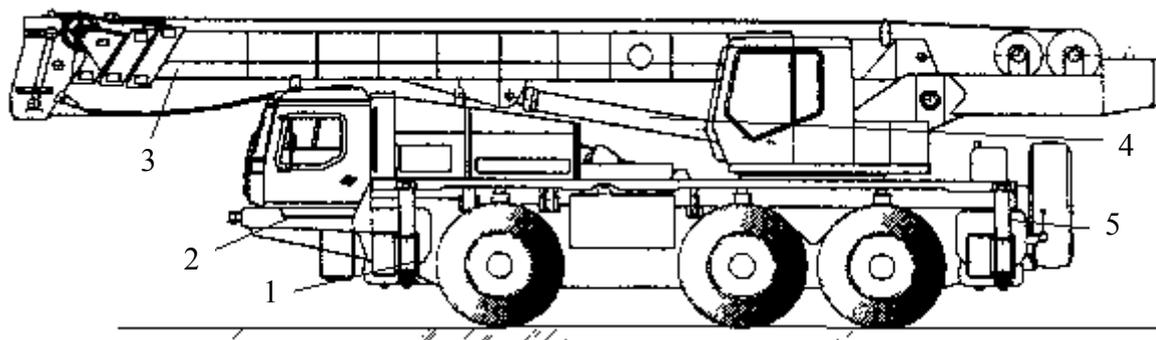


Рис. 2.8. Кран шасси автомобильного типа: 1, 5 – выносные опоры; 2 – шасси; 3 – стрела, 4 – гидроцилиндр подъема-опускания стрелы

Силовой установкой автомобильных кранов служит двигатель автомобиля. От него у кранов с механическим приводом (КС-2561) вращение передается через коробку отбора мощности, карданные валы и редукторы к лебедкам и механизму поворота. У кранов с электрическим приводом (КС-4561А и др.) непосредственно за двигателем смонтирован генератор, приводимый в движение через карданную или клиноременную передачу. У кранов с гидроприводом насосная станция монтируется на коробке отбора мощности. Выносные

опоры на большинстве современных кранов имеют гидропривод, включающий две группы гидроцилиндров, – перевода опоры из транспортного в рабочее положение и цилиндры непосредственно вывешивания крана.

Управлять выносными опорами можно из кабины крана или с помощью распределителей в задней части ходовой рамы. На кранах имеются также стабилизаторы рессор, выключающие рессоры из работы в крановом режиме. Несмотря на то что заводы-изготовители указывают в паспорте грузоподъемность крана без выносных опор, работать без постановки крана на выносные опоры не рекомендуется, а на тяжелых кранах с телескопическими стрелами – запрещается.

Безопасность работы автомобильных кранов обеспечивают ограничители грузоподъемности, высоты подъема крюка и угла наклона стрелы, креномер, сигнализаторы опасного напряжения и запретной зоны работы.

Башенные краны

Башенные краны широко применяют в гражданском и промышленном строительстве, это основной вид кранов при сооружении многоэтажных зданий. По назначению краны могут быть общестроительными, перегрузочными (краны-погрузчики) и монтажными.

Общестроительные краны используются преимущественно при строительстве зданий, перегрузочные – на стройдворах, складах, в леспромхозах, монтажные – при строительстве промышленных объектов.

Грузоподъемность общестроительных кранов – 3 – 25 т, перегрузочных – 5 – 10 т, монтажных – до 100 т и более. Индексация башенных кранов была установлена стандартом, но не выдерживается. Большинство кранов имеет индекс «КБ» с цифрой, обозначающей размерный ряд и модель. По конструкции башенные краны делятся на две основные группы: краны с неповоротной башней и краны с поворотной башней (рис. 2.9). Краны с неповоротной башней – отечествен-

ные КБ-572, КБ-674, типа БКСМ, французские «Потэн», немецкие «Либхерр» и другие – могут быть передвижными, стационарными на

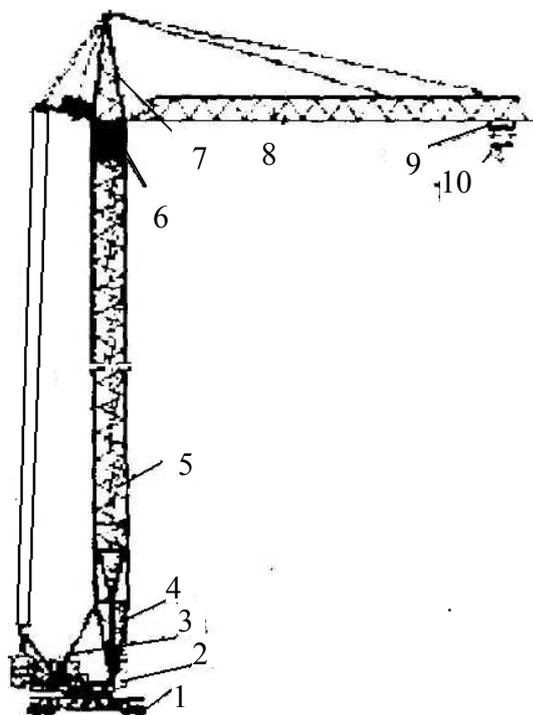


Рис. 2.9. Башенный кран: 1 – ходовое устройство; 2 – поворотная платформа; 3 – балласт; 4 – портал; 5 – башня; 6 – кабина крановщика; 7 – оголовок; 8 – стрела; 9 – каретка; 10 – крюк

фундаменте и приставными. Отечественные краны этого типа, кроме КБ-674, преимущественно используются для погрузочно-разгрузочных работ на складах и предприятиях.

Передвижные краны этого типа имеют в качестве основания портал, или плоскую раму, с ходовыми тележками, опирающимися на наземный рельсовый путь. К portalу или раме жестко крепится башня, состоящая из нескольких секций для получения необходимой высоты подъема. В верхней части башни расположено поворотное устройство, на вращающейся части которого смонтированы стрела, консоль противовеса, оголовок и кабина крановщика. Эти краны имеют, как правило, горизонтальную тележечную стрелу, на корневой части которой располагается лебедка привода грузовой тележки. Грузовая лебедка находится на консоли противовеса. Стрела и консоль противовеса связаны жесткими тягами с оголовком крана. В качестве противовеса используются тарированные железобетонные блоки. Аналогичные блоки укладывают на портал или раму в качестве балласта.

Стационарные краны закрепляют на фундаменте с помощью анкерных болтов и могут не иметь рамы. Приставные краны до определенной высоты башни используют как передвижные, а затем при наращивании башни крепят к стене здания.

Краны с поворотной башней (КБ-403, КБ-503 и др.) более харак-

терны для отечественного краностроения и применяются преимущественно на строительстве зданий, отличаясь высокой мобильностью. Монтаж и демонтаж этих кранов не требуют применения тяжелых автомобильных кранов, наиболее тяжелую часть транспортируют в собранном виде на подкатных тележках на прицепе за автомобилем.

Основание крана – ходовая рама со смонтированным на ней опорно-поворотным устройством. К ходовой раме шарнирно крепятся четыре флюгера, опирающиеся на ходовые тележки. Верхняя обойма опорно-поворотного устройства крепится к поворотной платформе, на которой установлена нижняя объемлющая часть башни (опорный портал), с помощью которой наращивают секции башни и поднимают их. На поворотной платформе размещены грузовая и стреловая лебедки, блоки противовеса и привод вращения башни. К верхней секции башни крепятся оголовок, стрела и кабина. Стрелы этих кранов могут быть горизонтальными с грузовой тележкой (тележечные) или с изменяемым углом наклона (маневровые). На некоторых кранах с тележечной стрелой (КБ-503) имеется возможность работы крана со стрелой, поднятой под углом 15° для обеспечения монтажа элементов крыши здания.

Безопасность работы башенных кранов обеспечивается комплектом приборов безопасности, куда входят ограничитель грузоподъемности, анемометр (определитель скорости ветра, связанный с автоматическими устройствами отключения механизмов и включения сигнализации), ограничители передвижения крана и тележки или предельного угла наклона стрелы, высоты подъема крюка. В зависимости от конструкции графики их грузовых характеристик могут иметь различные конфигурации.

На базе списанных кранов с поворотной башней изготавливают краны нулевого цикла, у которых демонтируется башня, стрела устанавливается на поворотную платформу и имеет постоянный вылет. Такие краны не регистрируются в органах Госгортехнадзора, дешевле в эксплуатации, чем башенные, и обеспечивают работы по монтажу фундаментов и подготовительные работы на стройплощадке. Перед началом строительства этажей кран демонтируется и заменяется обычным башенным краном.

Плавучие краны

Плавучие краны строят грузоподъемностью 16 – 2500 т. Краны малой грузоподъемности (до 50 т) применяют для погрузочно-разгрузочных работ в портах и на лесосплаве, при добыче песка и гравия, дноуглубительных работ, строительства причалов и молвов. Краны большой грузоподъемности применяют на судостроительных заводах, для спасательных работ, замены пролетов мостов и др. Основа крана – самоходный или несамоходный понтон, на котором смонтированы силовая установка, лебедки, механизмы управления краном, а также устроены помещения для команды. Несамоходные краны перемещают буксирами или береговыми лебедками. Краны малой грузоподъемности могут иметь крюковое или грейферное оборудование, стрелы с переменным или постоянным вылетом, могут быть полноповоротными или неполноповоротными, полноповоротными с подвижным противовесом. Мощные краны обычно имеют неповоротную стрелу. Для обеспечения устойчивости крана в нерабочем состоянии и при подъеме груза применяется балласт, в качестве которого используется забортная вода, заливаемая в танки. Плавучие краны подведомственны Морскому и Речному регистрам.

Портальные краны

Портальные краны по назначению делятся на перегрузочные и монтажные. Перегрузочные краны имеют грузоподъемность 5 – 40 т и используются на погрузочно-разгрузочных работах в портах и на промышленных предприятиях.

Монтажные краны имеют грузоподъемность 30 – 150 т, существенно меньшие рабочие скорости и применяются преимущественно на судостроительных и судоремонтных заводах. Основанием портальных кранов служит двухпутный портал, под которым у перегрузочных кранов проходит один или два железнодорожных пути, что позволяет осуществлять грузовые операции по схемам вагон – судно или вагон – склад. Портальные краны часто оборудуют грейферами

для сыпучих грузов, захватами для леса или металлолома и др. Преимущество порталных кранов – возможность горизонтального перемещения груза при изменении вылета стрелы.

Краны мостового типа

Краны мостового типа делятся на мостовые, козловые и полукозловые. Мостовые краны – самый распространенный вид кранов в промышленности. В строительстве их применяют на предприятиях стройиндустрии, в ремонтных цехах. Козловые краны используют на полигонах строительных конструкций, складах стройматериалов, на лесозаготовительных предприятиях, при строительстве станций метрополитена, сооружаемых открытым способом; полукозловые краны – для монтажных работ при строительстве промышленных предприятий. Мостовые краны перемещают по надземным крановым путям, смонтированным на подкрановых балках, являющихся частью каркаса здания или крановых эстакад. Мостовые краны состоят из одной или двух главных балок, соединенных с концевыми балками. Последние ходовыми колесами опираются на рельс или квадрат кранового пути. По главным балкам перемещаются грузоподъемные органы крана – грузовая тележка или тельфер. Мостовые краны имеют, как правило, электропривод. Однбалочные краны (кран-балки) имеют, как правило, грузоподъемность до 10 т и используются как вспомогательные грузоподъемные средства. Такими кранами управляют преимущественно с пола. Грузоподъемный орган – тельфер или таль – подвешивается на ездовой балке двутаврового сечения, которая крепится к главной балке крана (коробчатого сечения или в виде фермы). Такие краны имеют электропривод передвижения моста, таль перемещается вручную, тельфер – с помощью электропривода или вручную.

Двухбалочные краны могут иметь грузоподъемность от 5 т и выше, в строительстве и на предприятиях стройиндустрии применяют краны грузоподъемностью 10 – 50 т. Такие краны могут использоваться для ремонта оборудования или погрузки конструкций, а также как технологические, например на заводах железобетонных изделий.

Концевые балки этих кранов – коробчатого сечения, количество ходовых колес зависит от грузоподъемности крана и допускаемого давления на крановый рельс. Главные балки делаются коробчатого сечения с вваренными внутрь диафрагмами для обеспечения жесткости конструкции. На старых кранах можно встретить главные балки в виде ферм. Грузовая тележка со смонтированными на ней одной или двумя лебедками и механизмом передвижения перемещается по подтележечному пути на верхней поверхности балок. Вдоль балок идут две галереи, на одной из которых смонтирован привод передвижения моста крана, на второй – троллеи или кабель питания тележки. Управляются мостовые краны этого типа преимущественно из кабины. Электропитание крана осуществляется кабелем или от троллеев на противоположной кабине стене цеха.

Мостовые краны не имеют общепринятой индексации. Обычно указывается грузоподъемность основного и вспомогательного подъемов, например КМ 30/5, может указываться номер проекта.

Контрольные вопросы

1. Какие основные типы машин непрерывного транспортирования применяются в складских работах ?
2. Классификация одноковшовых погрузчиков.
3. Как называется основное грузозахватное оборудование автопогрузчиков?
4. Перечислите виды простых грузоподъемных машин.
5. Какими преимуществами обладают гусеничные краны?
6. Назовите краны, не имеющие стрелы.
7. Расшифруйте индексацию стреловых самоходных кранов.
8. Какие краны имеют рельсоколесный ход?

Раздел 3. ДРОБИЛЬНО-ПОМОЛЬНОЕ И СОРТИРОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

3.1. Машины для грубого измельчения (дробления) материалов

Измельчение широко используется при производстве строительных материалов. Процесс дробления включен в большинство технологических схем, так как от величины поверхности твердых материалов зависит интенсивность многих химических процессов, поэтому, чтобы повысить качество и выход конечного продукта, материалы измельчают. Конечная крупность получаемых при измельчении продуктов устанавливается исходя из требований технологии потребляющих производств. При дроблении применяют все виды измельчения, начиная от крупного, когда размер кусков достигает 1 м, и заканчивая микроскопическим, когда размер частиц составляет несколько микрон. Разнообразие типов и размеров измельчителей объясняется особенностями производств и многообразием их масштабов. В зависимости от крупности исходного сырья и требований к конечному продукту материал измельчают или в один, или в несколько приемов. Характер исходного сырья и требуемая степень измельчения определяют число ступеней измельчения и типы применяемого оборудования.

В различных производствах удельный объем процесса измельчения неодинаков. Однако там, где переработке подвергается твердое минеральное сырье, а также, когда выпускаемый продукт поставляется в виде порошков или пудры, измельчение твердого материала – звено технологической схемы. *Измельчением* называется процесс уменьшения размеров кусков (зерен) материала путем разрушения их под действием внешних сил, преодолевающих внутренние силы сцепления, которые связывают между собой частицы твердого вещества. Условно принято считать, что *дробление* – это измельчение кусков от 1 м в поперечнике до 10 – 20 мм, а *размол* – измельчение частиц до размеменее 5 мм. Использование твердых материалов, измельченных на куски (метод дробления) или в порошок (метод размола), позволяет значительно ускорить такие

процессы, как обжиг, химическое взаимодействие, которые протекают тем быстрее, чем больше общая поверхность частиц твердого вещества. Обычно измельчают твердые топлива, сырье, полуфабрикаты и готовые продукты. Все твердые вещества грубо можно подразделить на две группы: хрупкие и пластичные. При разрушении *хрупких материалов* энергия расходуется на упругую деформацию, выделение тепла и в значительной степени на преодоление сил сцепления в самом материале. При измельчении *пластичных материалов* большую часть энергии поглощает пластическая деформация материала. В процессе разрушения при многократном нагружении твердых тел их механическая прочность понижается.

Под действием внешних деформирующих усилий в толще тела образуются трещины, которые обычно возникают из естественных дефектов тела. Когда внешняя нагрузка превышает пределы упругости, тело разрушается с образованием новой поверхности. Крупность получаемых при этом продуктов устанавливается исходя из требований технологии потребляющих производств.

Процесс дробления характеризуют степенью измельчения i , т.е. отношением размеров кусков или зерен исходного материала перед измельчением к размеру кусков или зерен полученного продукта. Таким образом степень измельчения показывает, во сколько раз уменьшился размер кусков или зёрен материала при дроблении или размоле. От степени измельчения зависят расход энергии и производительность дробилок и мельниц. Чаще всего степень измельчения определяют как отношение размеров максимальных по крупности кусков материала до и после измельчения:

$$i = d_{\text{н}} / d_{\text{к}},$$

где $d_{\text{н}}$ – диаметр максимального куска материала до измельчения, мм; $d_{\text{к}}$ – диаметр максимального куска материала после измельчения, мм.

Куски исходного материала и куски или зерна, получаемые в результате измельчения, не имеют правильной (симметричной) формы, поэтому на практике размеры кусков ($d_{\text{н}}$ и $d_{\text{к}}$) определяют размером отверстий сит, через которые просеивают сыпучий материал, т.е. с

помощью *ситового* анализа. Тогда степень измельчения вычисляется как отношение диаметров предельных отверстий сит для просеивания исходного (начального) материала и измельченного (конечного) продукта. Форма отверстий сита при этом должна быть одинаковой, так как она влияет на результат просеивания.

Если грохочение материала до и после дробления не производилось, то степень измельчения иногда вычисляют приблизительно по формуле

$$i = 0,85B / S,$$

где B – ширина загрузочного отверстия дробилки, мм; S – ширина разгрузочной щели дробилки, мм. Величину 0,85 называют эффективной шириной загрузочного отверстия. Принято, что размер максимального куска материала, поступающего в дробилку, на 15 % меньше ширины загрузочного отверстия, а размер максимального куска дробленого продукта равен ширине разгрузочной щели.

Способ измельчения зависит от природы силы, разрушающей куски перерабатываемого материала, – это может быть *раздавливание*, *раскалывание*, *истирание* и *удар* (рис. 3.1) или комбинирование этих способов.

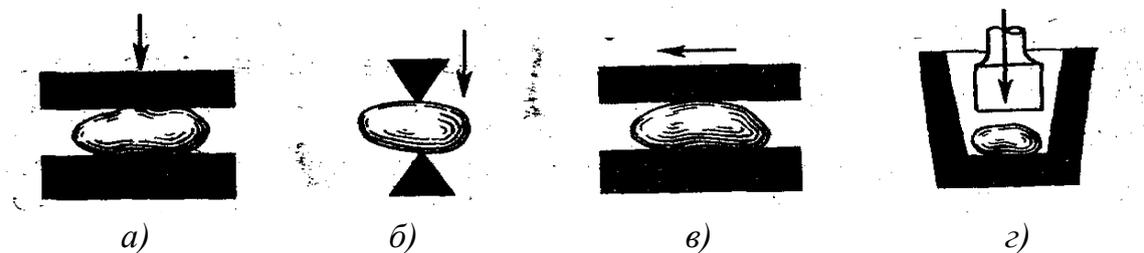


Рис. 3.1. Основные способы измельчения: а – раздавливание; б – раскалывание; в – истирание; г – удар

Обычно в условиях непрерывного процесса вследствие случайного характера размещения кусков в рабочем пространстве дробильной машины материал измельчается под действием всех или только некоторых способов механического воздействия, но главную роль играет тот способ, для осуществления которого сконструирована данная машина.

Способ измельчения выбирают в зависимости от прочностных

(физико-механических) свойств материала и исходной крупности его кусков. Так, например, раздавливание и удар применяют главным образом при крупном и среднем измельчении, а истирание – при тонком.

По пределу прочности σ при раздавливании (рис. 3.1, а) материалы условно можно разделить на следующие группы:

	σ , кгс/см ²	σ , МПа/м ²
Твердые материалы (гранит, диабаз и др.)..	>500	>0
Материалы средней твердости (известняк,менная соль, антрацит и др.).....	100 – 500	10 – 50
Мягкие материалы (уголь, глина и др.).....	<100	<10

В зависимости от физико-механических свойств материалов обычно выбирают следующие способы измельчения:

- 1) твердый и хрупкий материал – раздавливание, удар;
- 2) твердый и вязкий материал – раздавливание;
- 3) хрупкий средней твердости материал – удар, раскалывание и истирание;
- 4) вязкий средней твердости материал – истирание или истирание и удар.

При выборе метода измельчения необходимо учитывать и такие свойства материала, как, например, склонность к комкованию, влажность и т.д.

Классификация машин для измельчения

Материал измельчают в одну или несколько стадий. Каждая машина, в зависимости от устройства, может обеспечивать ограниченную степень измельчения, которая колеблется от $i = 3 - 6$ – для щековых дробилок, до $i \geq 100$ – для мельниц. При необходимости достижения высоких степеней измельчения этот процесс проходит несколько стадий, используя последовательно соединенные дробильно-размольные машины, так как за один прием (на одной машине) не

удается получить кусков заданной конечной крупности.

В зависимости от начального и конечного размера наибольших кусков условно различают следующие виды измельчения:

Дробление	d_n, мм	d_k, мм
Крупное.....	1500 – 150	250 – 40
Среднее.....	250 – 40	40 – 6
Мелкое.....	25 – 3	6 – 1

Размол

Тонкий.....	10 – 1	1 – 0,075
Сверхтонкий.....	12 – 0,1	0,075 – 0,0001

Крупное и среднее дробление производят, как правило, сухим способом, мелкое дробление и размол – сухим и мокрым способами (обычно в водной среде). При мокром измельчении уменьшается пылеобразование и частицы получаемого продукта имеют более равномерную крупность (кроме того, облегчается выгрузка материала из машины). При выборе типа и размера измельчающей машины для обработки того или иного материала необходимо знать, какую крупность должны иметь частицы конечного продукта и каким способом измельчения можно достигнуть этого результата. Все измельчающие машины можно классифицировать по степени измельчения и характеру измельчающих усилий.

На практике часто используется классификация измельчителей только по крупности получаемых частиц, т.е. по необходимой конечной крупности частиц определяется степень измельчения и затем из группы выбирается наиболее подходящая для данного случая измельчающая машина.

Согласно этой классификации все машины для измельчения подразделяют на три группы:

- 1) для крупного дробления;
- 2) среднего и мелкого дробления;
- 3) тонкого и сверхтонкого измельчения (помола). Недостаток такой классификации – отсутствие указания на способ измельчения, лежащий в основе работы измельчителя.

Машины для измельчения делят на дробилки и мельницы. Обычно *мельницами* называют машины для тонкого и сверхтонкого измельчения, *дробилками* – машины для крупного, среднего и мелкого дробления, но такое деление – весьма условно. В некоторых случаях одна и та же измельчающая машина может именоваться по-разному в зависимости от крупности получаемого, на ней продукта. Например, ударно-центробежная мельница с молотками, дающая мелкокусковой продукт, будет называться молотковой дробилкой, когда же она дает тонкодисперсную пыль – молотковой мельницей.

Устройство и принцип действия щековых, конусных, валковых и молотковых дробилок

Способ дробления зависит от свойств измельчаемого материала. Эти свойства определяют выбор оборудования, в котором под действием внешних сил куски материала разрушаются на части.

Измельчители раскалывающего и разламывающего действия оказались особенно эффективными при крупном и среднем дроблении. К машинам, работающим на этом принципе, относятся щековые, конусные и валковые дробилки.

В щековых дробилках материал разрушается между двумя щеками при их сближении. Для этого делают одну или обе щеки подвижными (качающимися). В конусных дробилках материал измельчается между подвижным конусом и неподвижной обрамляющей частью машины. Валковые машины имеют один, два или несколько вращающихся навстречу друг другу валков, между которыми и измельчаются захватываемые куски материала. В машинах ударного действия материал разрушается в результате ударов по нему молотков или бил, посаженных на быстро вращающийся ротор, а также за счет ударов кусков о стенки камеры и друг о друга.

Как щековые, так и конусные дробилки могут перерабатывать очень прочные материалы и осуществлять крупное и среднее, а некоторые конусные машины и мелкое дробление. Область применения

дробилок ударного действия ограничивается переработкой материалов малой и средней прочности. Валковые дробильные машины используют в основном для мелкого дробления. При этом гладкими валками можно измельчать как слабые (мягкие), так и прочные материалы, а зубчатыми – только мягкие (уголь, мел и т.п.).

В валковых машинах достигается степень измельчения материала $i = 3 - 6$ (для зубчатых валков $i = 5 - 10$), в щековых и конусных дробилках $i = 4 - 8$. В дробильных машинах ударного действия степень измельчения в три-четыре раза выше, чем в щековых и конусных.

Щековые дробилки

Щековые дробилки – машины непрерывного действия, которые применяют в основном для крупного дробления. Рабочая часть этих машин (рис. 3.2, табл. 3.1) состоит из двух дробящих ребристых плиток, расположенных под углом ($20 - 25^\circ$). Одна из щек – неподвижная. Материал поступает сверху и измельчается периодическим раздавливанием между неподвижной и подвижной щеками. Материал разрушается в основном вследствие раздавливания подвижной качающейся щекой. Продукт дробления свободно выпадает через нижнюю выпускную щель между щеками.

Щековые дробилки можно классифицировать по следующим основным признакам:

1) по характеру подвеса подвижной щеки – с верхним (рис. 3.2, а, в и г) и нижним подвесом (рис. 3.2, б);

2) по характеру движения подвижной щеки – с простым (см. рис. 3.2, а, б и г) и сложным (см. рис. 3.2, в) движением;

3) по конструкции механизма, передающего движение подвижной щеке, – с шарнирно-рычажным механизмом (см. рис. 3.2, а) и с роликовым или эксцентриковым механизмом (см. рис. 3.2, в и г).

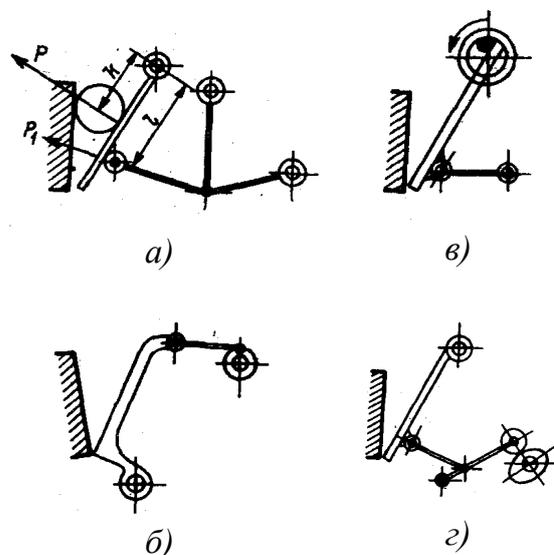


Рис. 3.2. Схемы щековых дробилок: а, в, г – с верхним подвесом подвижной щеки; б – с нижним

Таблица 3.1

Щековые дробилки

Показатель	Марка							
	СМД-508	СМД-116А	СМД-108А	СМД-109А	СМД-110А	СМД-111	СМД-118	СМД-117
Размеры приемного отверстия, мм:								
длина	160	250	250	400	600	900	1200	1500
ширина	250	400	900	900	900	1200	1500	2100
Характер движения подвижной щеки	Сложное					Простое		
Крупность исходного материала, мм, не более	130	210	210	340	500	750	1000	1300
Ширина разгрузочной щели, мм	15 – 45	20 – 80	20 – 55	40 – 90	75 – 140	95 – 165	110 – 190	135 – 225
Производительность, м ³	3,3	7,8	22	20 – 45	62	180	310	600
Мощность привода, кВт	7,5	18,5	40	45	75	90	160	250
Габаритные размеры, машины мм:								
длина	900	1330	1700	2100	2700	5000	6400	7500
ширина	1100	1250	2300	2300	2500	6000	6800	7000
высота	1100	1440	1700	2000	2600	4000	5000	6000
Масса, т	1,6	2,8	8,4	11	20	55	145	202

В дробилках с верхним подвесом подвижной щеки (см. рис. 3.2, *а*) вследствие нижнего приложения силы P_1 образуется рычаг и получается выигрыш в силе P . По закону рычага

$$P = \frac{P_1 l}{k},$$

где l и k – плечи рычага.

Наибольшее усилие создается в верхней части щек, где дробятся крупные куски. Это облегчает работу дробилки и уменьшает нагрузку на приводной эксцентриковый вал. Дробилки с верхним подвесом подвижной щеки дают неравномерный продукт измельчения. В дробилках с нижним подвесом щеки (см. рис. 3.2, *б*) получается более равномерный продукт, но выигрыша в силе не происходит, так как при-

лагаются большие усилия. Щеки дробилок с простым движением качаются вокруг неподвижной оси, и все точки щек описывают дуги окружности. В дробилках же со сложным движением щеки качаются вокруг осей, которые тоже движутся. Каждая точка подвижной щеки описывает замкнутую эллипсовидную кривую. Подвижная щека, приближаясь к неподвижной, одновременно перемещается вдоль нее, благодаря чему материал не только раздавливается, но и истирается. Наиболее распространены щековые дробилки с верхней осью подвеса подвижной щеки (рис. 3.3).

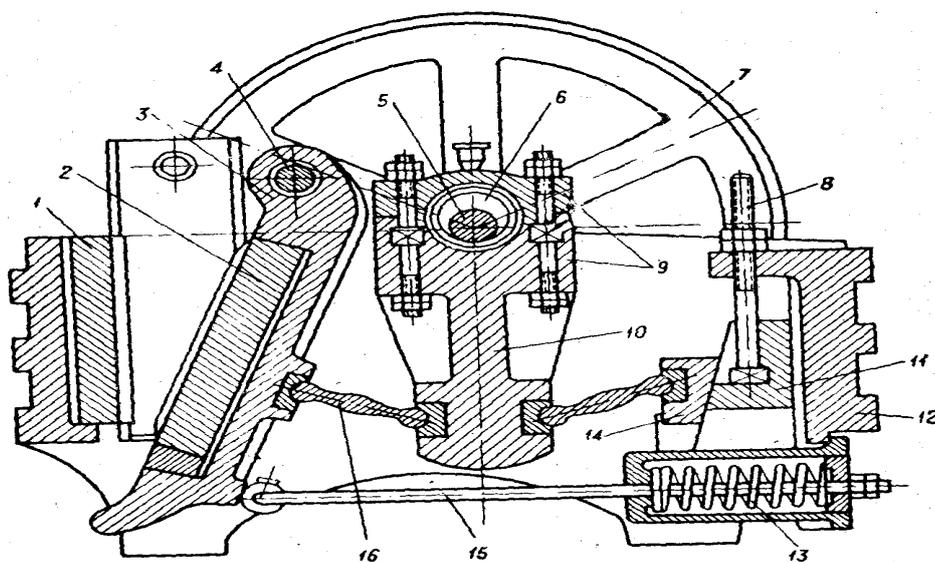


Рис. 3.3. Щековая дробилка с простым движением щеки: 1 – неподвижная щека; 2 – съемная плита; 3 – подвижная щека; 4 – ось; 5 – вал; 6 – эксцентрик; 7 – маховое колесо; 8 – винт; 9 – подшипники; 10 – шатун; 11 – подвижный ползун; 12 – станина; 13 – пружина; 14 – ползун; 15 – тяга; 16 – распорная плита

На массивной чугунной станине закреплена неподвижная щека и ось, на которой подвешена подвижная щека. Обе щеки снабжены съемными плитами-челюстями (из чугуна, если дробится мягкий или хрупкий материал, и из хромистой или марганцовистой стали, если обрабатывается твердый материал, имеющий предел прочности на сжатие $R > 1000 \text{ кг/см}^2$). Рабочая поверхность челюстей делается рифленой. Рифления представляют собой клинообразные двугранные ребра. Боковые стенки дробилки также защищены съемными плитами. Вместе с щеками эти плиты образуют клиновидную рабочую часть, называемую зевом дробилки. На главном валу дробилки установлен

эксцентрик, вращающийся в подшипниках, закрепленных на станине. Эксцентрик вызывает вертикальное движение шатуна, шарнирно связанного с подвижной щекой и клинообразным ползуном посредством распорных плит, и сообщает щеке колебательное движение.

Ширину разгрузочной щели (крупности дробления) изменяют с помощью подвижного клинообразного ползуна, передвигаемого винтом.

Соединение распорных плит и обратное движение подвижной щеки обеспечивается с помощью тяги, снабженной пружиной. Для полного использования мощности привода в период возвратного движения щеки (холостого хода) и уменьшения пиковых нагрузок на электродвигатель, вызванных попаданием крупных или твердых кусков, на валу дробилки закреплены два массивных маховика. Привод обычно осуществляется через ременную передачу, причем шкивом для нее служит один из маховиков. Для предохранения рабочих частей дробилки от поломки при случайном попадании в нее кусков металла одну из распорных плит изготавливают из двух частей, соединенных заклепками или болтами, которые срезаются при определенной нагрузке, превышающей допустимую, и могут быть легко заменены новыми. Иногда предохранительной деталью служит собственно распорная плита, сечение которой рассчитывается с уменьшенным запасом прочности. Достоинства щековых дробилок: простота и надежность конструкции, широкая область применения (в том числе для дробления крупнокусковых материалов большой твердости), компактность и легкость обслуживания. Из недостатков можно отметить периодический характер воздействия на материал (только при сближении щек) и неполную уравновешенность движущихся масс. Последнее обстоятельство – причина шума, ударов и сотрясений здания, где работают дробилки, поэтому их устанавливают на тяжелые фундаменты. Ширина и длина загрузочного отверстия приводятся в обозначении марки щековой дробилки. Например, дробилка ЩС60 × 90 имеет загрузочное отверстие размером 600 × 900 мм. В химической промышленности наиболее распространены щековые дробилки с размерами загрузочного отверстия от 400 × 230 до 2100 × 1500 мм.

К числу основных характеристик работы щековых дробилок также относятся: 1) угол между щеками (α), называемый углом захвата; 2) оптимальная скорость; 3) производительность; 4) расход энергии.

Конусные дробилки

По назначению конусные дробилки подразделяются на машины для крупного, среднего и мелкого дробления. В конусных дробилках (рис. 3.4 и 3.5) материал дробится в кольцевом пространстве, образованном наружной неподвижной, конической чашей (верхней частью станины дробилки) и расположенным внутри этой чаши подвижным дробящим конусом, насаженным на вал. У дробилок для крупного дробления вал подвешивается к верхней траверсе, а у дробилок для среднего и мелкого дробления имеется сферический подпятник, на который опирается дробящий конус, жестко закрепленный на валу (дробилки с таким подвесом вала иногда называют дробилками с консольным валом).

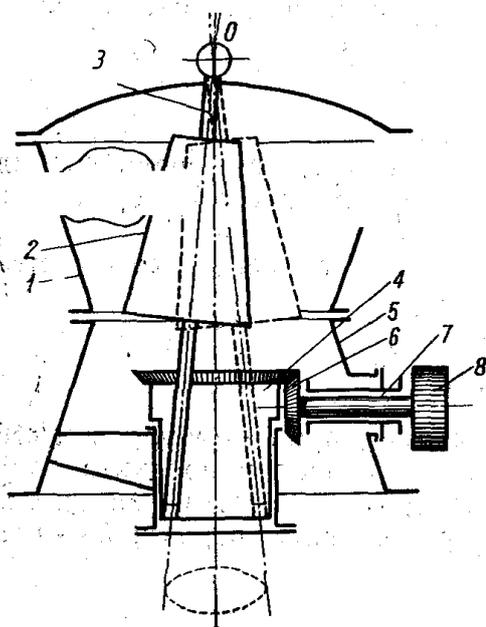


Рис. 3.4. Схема конусной дробилки для крупного дробления с подвешенным валом: 1 — верхняя часть станины (неподвижная коническая чаша); 2 — дробящий конус; 3 — вал; 4 — эксцентриковый стакан; 5 — нижняя часть станины; 6 — коническая передача; 7 — приводной вал; 8 — шкив

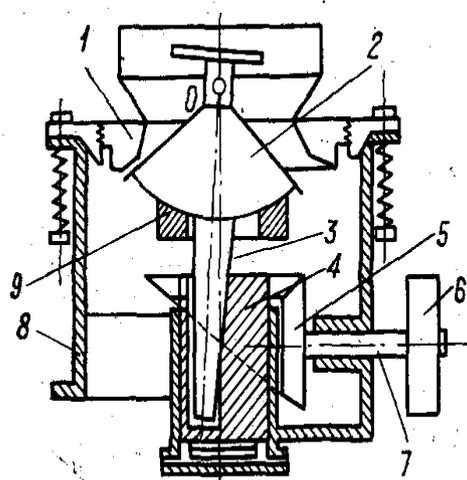


Рис. 3.5. Схема конусной дробилки для среднего дробления с валом, подвешенным на сферическом подпятнике: 1 — коническая чаша; 2 — дробящий конус; 3 — вал; 4 — эксцентриковый стакан; 5 — коническая передача; 6 — шкив; 7 — приводной вал; 8 — станина; 9 — подпятник

Принцип действия всех конусных дробилок одинаков. Рассмотр-

рим работу дробилки для крупного дробления с подвешенным валом (см. рис. 3.4). Дробящий конус жестко закреплен на валу, который подвешен в точке O , а своим нижним концом свободно входит в эксцентриковый стакан. Ось отверстия для вала не совпадает с осью вращения стакана. Эксцентриковый стакан получает вращение от электродвигателя через передаточный механизм. При вращении стакана ось вала описывает коническую поверхность с вершиной в точке O . Дробящий конус при этом совершает круговые качания, последовательно приближаясь к стенкам конической чаши и отдаляясь от них. Приближение дробящего конуса к чаше сопровождается дроблением кусков материала, поступающих в пространство между ними, а удаление – разгрузкой измельченного продукта, выходящего вниз, под дробилку. Основное дробящее действие конусных дробилок – раздавливание, но имеет место также разлом кусков при изгибе, возникающем, когда кусок зажимается между поверхностью чаши и выпуклой поверхностью конуса. При холостом ходе вал с дробящим конусом не вращается вокруг своей оси, а совершает круговое вращение вокруг оси эксцентрика, описывая коническую поверхность с углом при вершине, равным $8 - 12^\circ$. При дроблении вал и конус вследствие трения о материал вращаются в направлении, противоположном вращению эксцентрика, с меньшей скоростью. При этом происходит непрерывное обкатывание дробящим конусом материала, который заполняет пространство между конусом и чашей. У машин для крупного дробления усеченный конус чаши обращен большим основанием вверх, а у машин для мелкого переднего дробления – вниз. Дробящие конусы у всех дробилок обращены большим основанием вниз, но у дробилок для крупного дробления конус крутой, а у дробилок для среднего и мелкого дробления – пологий, что повышает их производительность. В общем случае производительность дробилок пропорциональна площади разгрузочной щели.

Дробилки для среднего и мелкого дробления должны обладать небольшой шириной разгрузочного отверстия, поэтому для увеличения площади отверстия увеличивают его длину с помощью пологих дробящих конусов. Конусные дробилки для крупного дробления отличаются от дробилок для среднего и мелкого дробления также и величиной эксцентриситета стакана, определяющего амплитуду кача-

ний дробящего конуса. У дробилок для крупного дробления эксцентриситет стакана обычно меньше 25 мм, а у дробилок для среднего и мелкого дробления – больше 100 мм.

Дробилки с крупным конусом имеют в соответствии с их назначением широкое загрузочное отверстие. Шириной последнего и характеризуются дробилки этого типа, в условных обозначениях (марках) которых приводится данный размер. Например, марка дробилки КСД-1200Гр расшифровывается так: конусная, среднего дробления, с шириной загрузочного отверстия 185 мм.

Для среднего и мелкого дробления изготавливается большое количество типоразмеров конусных дробилок, отличающихся в основном устройством камеры дробления. В зависимости от ее конфигурации и размеров загрузочного отверстия и разгрузочной щели различают дробилки для среднего (КСД) и мелкого (КМД) дробления. В марке дробилок для среднего и мелкого дробления указывается диаметр основания дробящего конуса в миллиметрах. Например, дробилки КСД-1750 и КМД-1750 имеют диаметр основания дробящего конуса 1750 мм, но разную ширину загрузочного отверстия – 250 и 130 мм соответственно (табл. 3.2 и 3.3).

Таблица 3.2

Конусные дробилки среднего дробления

	КСД-600Гр	КСД-900Гр	КСД-900Т	КСД-1200Гр	КСД-1200Т	КСД-1750Гр	КСД-1750Т	КСД-2200Гр	КСД-2200Т	КСД-3000Т
Диаметр основания дробящего конуса, мм	600	900	900	1200	1200	1750	1750	2200	2200	3000
Ширина приемного отверстия на открытой стороне, мм	75	130	75	185	125	250	200	350	275	475
Наибольший размер кусков питания, мм	60	120	60	150	100	200	160	300	250	380
Ширина разгрузочной щели в сжатом состоянии, мм	12 – 35	15 – 40	10 – 30	20 – 50	10 – 25	25 – 60	15 – 30	30 – 60	15 – 30	25 – 50

Показатель	Марка									
	КСД-600Гр	КСД-900Гр	КСД-900Т	КСД-1200Гр	КСД-1200Т	КСД-1750Гр	КСД-1750Т	КСД-2200Гр	КСД-2200Т	КСД-3000Т
Производительность при работе с материалом пределом прочности на сжатие 150 МПа и влажностью до 4 % в открытом цикле, м ³ /ч	14–40	46–88	25–50	83–125	46–100	180–320	150–190	360–610	180–360	425–850
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	30	55	55	75	75	160	160	250	250	400
Масса дробилки, т	4,3	11,6	11,6	21	21	51	51	87	87	230

К достоинствам конусных дробилок следует отнести: высокую производительность вследствие непрерывности действия и разрушения материала одновременно раздавливанием и изгибом; спокойную уравновешенную работу (не нужен маховик); высокую степень измельчения. Из недостатков конусных дробилок по сравнению со щековыми можно отметить следующие: более сложная и дорогая конструкция, большая высота (особенно при крутом конусе), большая сложность обслуживания.

Таблица 3.3

Конусные дробилки мелкого дробления

Показатель	Марка						
	КМД-1200Гр	КМД-1200Т	КМД-1750Гр	КМД-1750Т	КМД-2200Гр	КМД-2200Т	КМД-3000Т
Диаметр основания дробящего конуса, мм	1200	1200	1750	1750	2200	2200	3000
Ширина приемного отверстия на открытой стороне, мм	100	50	130	80	140	100	85

Окончание табл. 3.3

Показатель	Марка						
	КМД-1200Гр	КМД-1200Г	КМД-1750Гр	КМД-1750Г	КМД-2200Гр	КМД-2200Г	КМД-3000Г
Наибольший размер кусков питания, мм	80	40	100	60	110	85	65
Ширина разгрузочной щели в сжатом состоянии, мм	5 – 15	3 – 12	9 – 20	5 – 15	10 – 20	5 – 15	8 – 15
Производительность при работе на материале с пределом прочности на сжатие 150 МПа и влажностью до 4 % в открытом цикле, м ³ /ч	50–65	30–55	100–150	85–110	220–260	160–220	320–420
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	75	75	160	160	250	250	400
Масса дробилки, т	21	21	51	51	90	90	227

Валковые дробилки

Валковые дробилки непрерывного действия работают в основном по принципу раздавливания и раскалывания материала между двумя вращающимися валками или между вращающимся валком и неподвижной щекой. Валки дробилки могут быть гладкими, рифлеными, ребристыми или зубчатыми. В дробилках с вращающимся валком и неподвижной щекой валок, как правило, бывает зубчатый. В машинах с гладкими и рифлеными валками материал дробится за счет раздавливания и, в небольшой мере, истирания, в машинах с зубчатыми валками – за счет раскалывания и, частично, раздавливания.

Схема действия дробилки с двумя гладкими валками представлена на рис. 3.6. Один из валков вращается в подшипниках 5, прочно закрепленных на станине 4. Второй валок вращается в подвижных подшипниках 7, скользящих вдоль рамы. На подвижные подшипники

и, следовательно, на вращающийся в них валок нажимает пружина, давление которой регулируется нажимными гайками. Максимальное сближение валков, определяющее ширину щели и крупность выпускаемого материала, регулируется с помощью стальных прокладок.

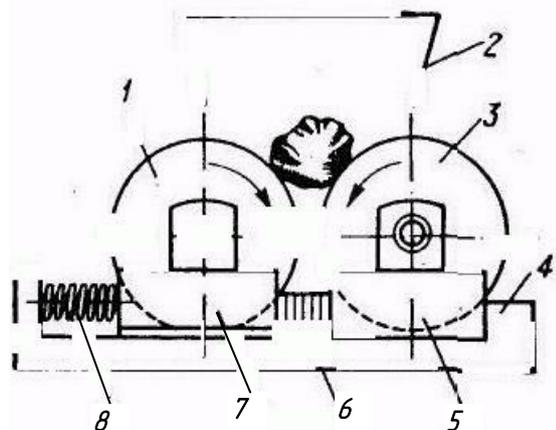


Рис. 3.6. Схема действия двухвалковой дробилки: 1, 3 – валки; 2 – загрузочная воронка; 4 – станина; 5, 7 – подшипники; 6 – прокладка; 8 – пружина

Пружинный прижим подвижного валка позволяет предохранить дробилку от поломки при попадании в нее металлических предметов или очень крупных кусков. Валки могут приводиться во вращение с помощью зубчатой и ременной передач, но вследствие подвижности подшипников одного из валков в зубчатой передаче возникает сильный шум, быстро изнашиваются зубья, поэтому в валковых дробилках ряда конструкций либо каждый валок приводится во вращение от самостоятельной ременной передачи, либо они связаны друг с другом с помощью ременной передачи с натяжными роликами. Окружная скорость валков в тихоходных дробилках колеблется от 1 до 2 м/с, а в быстроходных – от 3 до 5 м/с. Обычно дробящие валки закрывают кожухом, не допускающим распространения пыли в помещениях. Измельчаемый материал подается питателем в рабочее пространство дробилки через приемную воронку. При этом загрузка должна равномерно распределяться по длине валков.

Для того чтобы куски измельчаемого материала втягивались вследствие трения между валками, размер кусков должен быть примерно в 20 раз меньше диаметра валков, поэтому гладкие валки применяют только для среднего и мелкого дробления. Степень измельчения хрупких и средней твердости материалов на валковых дробилках достигает $i = 10 - 15$, а размер кусков продукта дробления колеблется от 10 до 5 мм (предельно до 2 – 3 мм). Для твердых материалов степень дробления значительно ниже ($i = 3 - 4$). Валковые дроб-

билки широко применяют для измельчения известняка, мела, шамота и других материалов умеренной твердости.

Достоинства валковых дробилок – простота, компактность и надежность работы. Из недостатков следует отметить малую пригодность для измельчения материалов высокой твердости и, кроме того, выход дробленого материала в виде плоских спрессованных плиток.

Молотковые дробилки

Основные рабочие элементы молотковых дробилок – ротор с молотками и статор-корпус. Измельчаемый материал поступает в машину сверху и дробится на лету ударами молотков, шарнирно подвешенных к вращающемуся с большой скоростью ротору. Материал в этих машинах измельчается стесненным или свободным ударом. При ударе о плиты куски дополнительно дробятся. Дробленый продукт разгружается под дробилку через зазоры между колосниками решетки. В зависимости от способа подачи материала различают три типа молотковых дробилок (рис. 3.7).

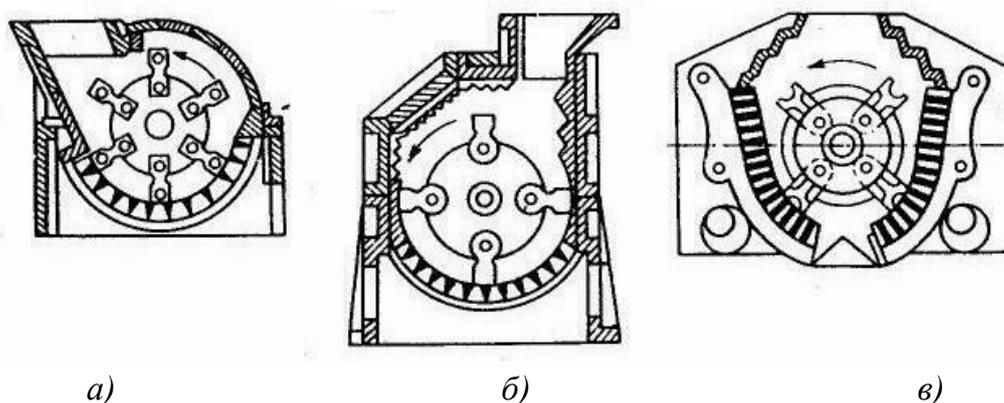


Рис. 3.7. Типы молотковых дробилок: а – первый; б – второй; в – третий

В дробилках первого типа (рис. 3.7, а) измельчаемый материал подводится по касательной к окружности, описываемой молотками, причем направление касательной совпадает с направлением вращения

молотков. Куски материала сначала дробятся, а затем проталкиваются молотками на колосниковую решетку, где измельчаются дополнительно.

В дробилках второго типа (рис. 3.7, б) измельчаемый материал подводится по касательной навстречу вращающимся молоткам. Куски материала дробятся ударами молотков и отбрасываются на плиты верхней части корпуса. Отскочив от плит, куски еще раз попадают под удары молотков, проталкивающих их на колосниковую решетку, где завершается дробление.

В дробилках третьего типа (рис. 3.7, в) измельчаемый материал подводится по вертикальной оси ротора. Куски материала дробятся ударами молотков и отбрасываются на плиты верхней части корпуса, отскакивают от них и падают на колосниковую решетку, где окончательно измельчаются.

По конструктивным признакам молотковые дробилки можно подразделить на одно- и двухроторные, со свободно подвешенными и жестко закрепленными молотками, с решеткой и без, реверсивные и с вращением ротора в одном направлении, с неподвижными и подвижными плитами.

Молотковые дробилки предназначены для крупного, среднего и мелкого дробления хрупких материалов. Достигаемая в них степень измельчения находится в пределах $i = 30 - 40$. Такие дробилки отличаются высокой удельной производительностью (на единицу веса измельчаемого материала). Удельный расход энергии на дробление в них ниже, чем у щековых и конусных дробилок. При работе на твердых материалах наблюдается чрезмерно большой износ молотков и плит.

Однороторная молотковая дробилка (рис 3.8) состоит из корпуса, облицованного плитами, и ротора с подвешенными к нему молотками. В нижней части корпуса расположена полукруглая колосниковая решетка. Колосники имеют клиновидную форму и обычно изготавливаются из марганцовистой стали. Молотки делаются из износоустойчивой стали. В зависимости от свойств дробимого материала и требуемой крупности продукта применяют молотки различных формы и веса. После износа с одной стороны молоток переворачивают. При износе с обеих сторон его заменяют.

В молотковых дробилках для крупного и среднего дробления материал измельчается главным образом ударами молотков. При мелком дроблении основное значение имеют раскалывание и срез, а также истирание материала на решетке. Вследствие этого при мелком дроблении применяют облегченные заостренные молотки, вращающиеся с большой скоростью (до 55 м/с). Для измельчения материалов небольшой твердости (извести, охры, фосфоритов и т.д.) используют дробилки без колосниковой решетки, а также молотковые мельницы, соединенные с воздушным сепаратором, в котором недоизмельченный продукт отделяется, а затем возвращается в мельницу.

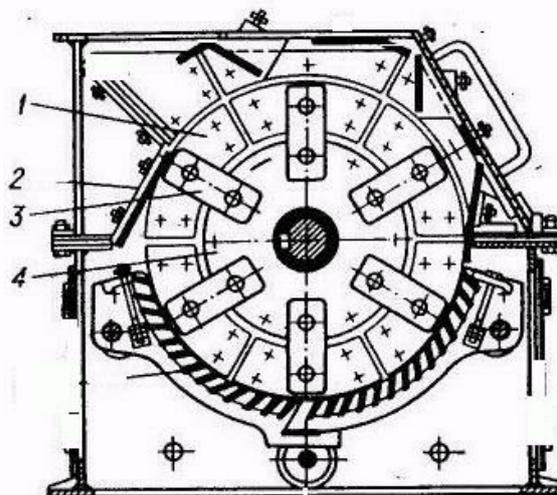


Рис. 3.8. Однороторная молотковая дробилка: 1 – крепление; 2 – корпус; 3 – молотки; 4 – ротор

В дробилках и мельницах, предназначенных для измельчения мягких и вязких материалов, молотки часто закрепляют неподвижно (что способствует истиранию и раскалыванию материала), и тогда их называют крестовыми.

Молотковые дробилки характеризуются диаметром (D) и длиной (L) ротора. Эти размеры приводятся в марке дробилки. Например, дробилка марки М-6-4 имеет ротор диаметром 600 и длиной 400 мм.

Преимущества молотковых дробилок заключаются в их компактности, высокой производительности на единицу объема машины, простоте конструкций, надежности работы и малых затратах энергии на холостой ход машины.

Основные недостатки измельчителей этого типа – наличие в продуктах дробления большого количества пыли и сравнительно быстрый износ ударных тел при измельчении материалов средней твердости или наличии твердых частиц в мягких материалах. За последние годы конструкция таких машин была значительно улучшена и износ ударных тел заметно уменьшен.

3.2. Машины для тонкого и сверхтонкого измельчения и помола материалов

Назначение, устройство и принцип действия дезинтеграторов, дисмембраторов. Виды вибрационных мельниц, их применение

К числу машин, измельчение в которых основано на принципе свободного удара, относятся дезинтеграторы и дисмембраторы.

Дезинтегратор (рис. 3.9) состоит из двух вращающихся в разные стороны роторов (называемых корзинами), каждый из которых насажен на отдельный вал. На дисках роторов по концентрическим окружностям расположены пальцы. Роторы входят один в другой таким образом, что концентрические окружности с пальцами одного ротора размещаются внутри концентрических окружностей с пальцами другого ротора.

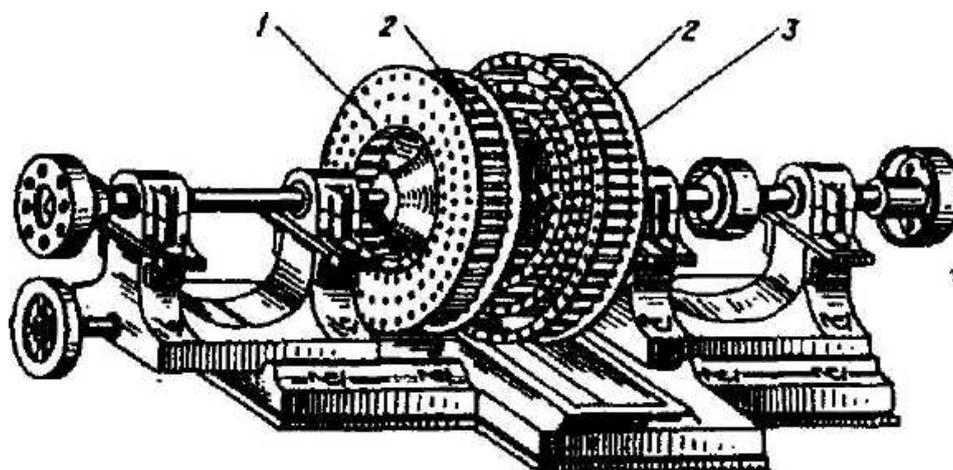


Рис. 3.9. Дезинтегратор: 1, 3 – роторы; 2 – пальцы

Роторы вращаются навстречу друг другу с большой скоростью, каждый из них имеет самостоятельный привод.

Материал поступает в корпус машины через воронку сверху и тонко измельчается ударами пальцев и дисков. Полученный продукт выгружается через решетку, сквозь отверстия которой могут проходить куски, чей размер не превышает заданную предельную вели-

чину. Загруженный материал, продвигаясь от центра к периферии барабанов, многократно ударяется о пальцы и разрушается. При этом интенсивность разрушения нарастает, поскольку уменьшается шаг между пальцами, а окружная скорость их возрастает.

Чем выше скорость вращения барабанов и больше рядов и пальцев на дисках, тем выше степень измельчения материала.

Схема движения частиц материала между пальцами дисков дезинтегратора показана на рис. 3.10.

Частица, попавшая в дезинтегратор, сначала сталкивается с одним из пальцев первого (внутреннего) ряда и разрушается при столкновении.

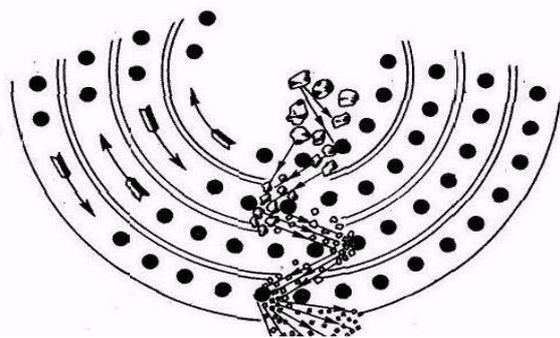


Рис. 3.10. Схема движения материала в дезинтеграторе

Получившиеся осколки отбрасываются по касательной к окружности вращения этого ряда пальцев и сталкиваются с идущими им навстречу пальцами второго ряда. После вторичного разрушения осколки отбрасываются по касательной к окружности вращения второго ряда пальцев и сталкиваются с пальцами третьего ряда и т.д. Измельченный материал выбрасывается в кожух дезинтегратора и опускается вниз, к выходному штуцеру. Окружная скорость внешнего ряда пальцев находится в пределах 22 – 37 м/с. Дезинтеграторы характеризуются диаметром рабочего диска и шириной ротора (корзины), определяющей длину пальцев. Вследствие сравнительно высокой скорости вращения роторов необходимо предохранять дезинтегратор от попадания в него посторонних твердых тел, поэтому перед роторами следует устанавливать магнитные уловители для металлических частиц. В дезинтеграторах наиболее сильно изнашиваются и требуют частой замены дробящие пальцы. Их изготавливают из специальной стали и закрепляют на дисках путем расклепывания концов. Удлинение срока службы пальцев достигается наплавкой их твердыми сплавами.

Степень измельчения материала в дезинтеграторах может достигать до 40, но чаще не превышает 10, так как при больших значениях i сильно снижается производительность. Степень измельчения регулируется изменением скорости вращения ротора. Производительность, кроме степени измельчения, зависит также от равномерности питания мелкокусковым материалом (обычно $d_n \leq 10 - 20$ мм).

Дисмембратор (рис. 3.11), в отличие от дезинтегратора, имеет один вращающийся диск. Второй диск неподвижен; его роль выполняет крышка, на внутренней поверхности которой жестко укреплены концентрические ряды пальцев. При этом условии для создания больших относительных скоростей между ударными телами вращающемуся диску придают большую угловую скорость. В дисмембраторах диски диаметром 250 – 600 мм делают от 3000 до 6500 об/мин, при этом окружная скорость внешнего концентрического ряда пальцев достигает 60 – 120 м/с.

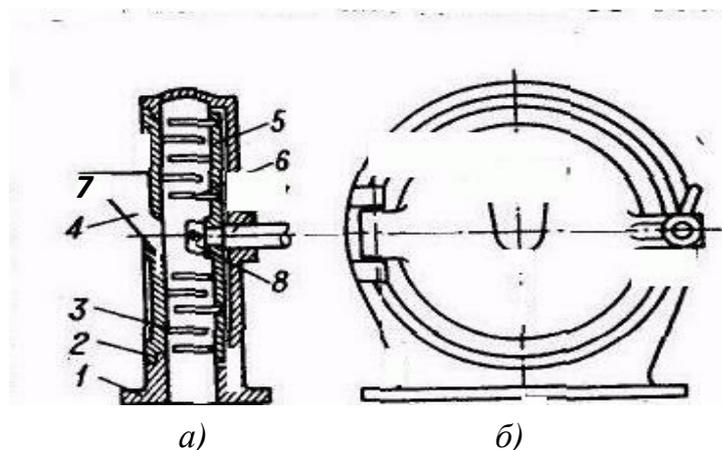


Рис. 3.11. Дисмембратор с горизонтальной осью вращения диска: а – общий вид; б – вид в разрезе; 1 – корпус; 2 – откидная крышка; 3 – пальцы откидной крышки; 4 – приемная воронка; 5 – диск; 6 – пальцы диска; 7 – приводной вал; 8 – зажимная гайка

Литой корпус дисмембратора для удобства чистки и смены пальцев имеет откидную крышку, к которой прикреплены неподвижные пальцы. Подвижный стальной диск с пальцами закреплен на валу, который вращается в подшипнике, помещенном во втулке корпуса мельницы. Внутри корпуса расположена кольцевая решетка. Материал крупностью менее 200 мм подается в приемную воронку. Ударные тела в дисмембраторах могут быть выполнены в форме цилиндрических пальцев диаметром 8 – 15 мм (типа применяемых в дезинтеграторах) или форме небольших штифтов с острой кромкой, имеющих самую

72

разнообразную конфигурацию. Вследствие разгрузки материала через круглые или щелевые отверстия в кольцевой решетке, размер которых по наиболее узкому сечению может изменяться от 8 до 0,25 мм, измельчаемый материал рециркулирует в дисмембраторе между сеткой и внешним рядом пальцев до тех пор, пока не станет возможно выгрузить его через отверстия в решетке.

В промышленности дезинтеграторы и дисмембраторы применяют для измельчения солей, красителей и других материалов невысокой твердости, а также вязких и волокнистых материалов повышенной влажности (до 10 %). Достоинства измельчителей ударного действия заключаются в простоте устройства и компактности, универсальности, высокой степени измельчения и большой производительности, а также надежности работы. Из недостатков можно отметить повышенный износ дробящих тел (особенно пальцев мельницы), большое пылеобразование и значительный расход энергии.

Барабанные мельницы

Такие мельницы являются наиболее распространенными из всех известных машин для тонкого измельчения материалов в многотоннажных производствах (рис. 3.12). Они представляют собой пустотелый барабан, закрытый торцевыми крышками, к которым прикреплены пустотелые цапфы. Цапфы опираются на подшипники, и барабан медленно вращается вокруг горизонтальной оси. Частично он заполняется мелющими телами – шарами, цилиндриками, а также материалом, подлежащим измельчению. Материал в этих мельницах измельчается ударом, раздавливанием и истиранием и может подвергаться многократному воздействию мелющих тел, что дает возможность достичь высокой степени измельчения. При сухом способе дробления барабанные мельницы пригодны для тонкого помола крупных первичных зерен, при мокром – для тонкого и сверхтонкого. Рассматриваемые мельницы бывают периодического и непрерывного действия. В зависимости от формы барабана различают мельницы цилиндриче-

ские и цилиндро-конические. Первые, в свою очередь, бывают трех типов – короткие, длинные и трубные.

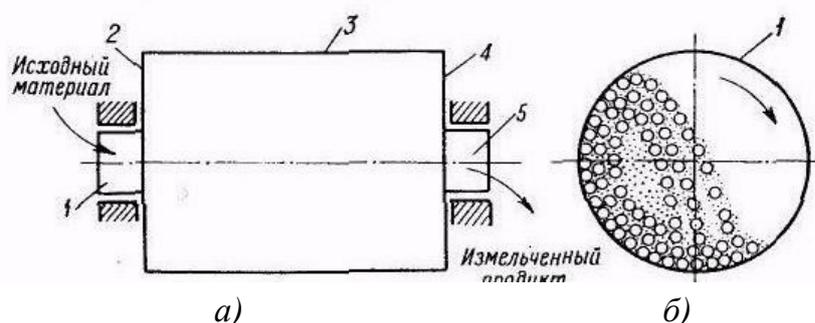


Рис. 3.12. Схема устройства и принцип действия барабанной (шаровой) мельницы: а – общий вид; б – вид в разрезе; 1, 5 – полые цапфы; 2, 4 – торцевые крышки; 3 – барабан

У коротких мельниц длина меньше диаметра или близка к нему, у длинных она достигает двух-трех диаметров, а у трубных длина барабана больше диаметра не менее чем в три раза. Трубные мельницы применяют в цементной промышленности.

В зависимости от вида и формы мелющих тел различают мельницы шаровые, стержневые, галечные и самоизмельчения. У шаровых мельниц дробящая среда представлена стальными, чугунными, фарфоровыми или другими шарами, у стержневых – стальными стержнями, у галечных – скатанной кремневой галькой, у мельниц самоизмельчения – крупными кусками измельчаемого материала. В зависимости от способа разгрузки измельченного продукта различают мельницы с центральной разгрузкой и с разгрузкой через решетку. При центральной разгрузке измельченный продукт удаляется свободным сливом через пустотелую разгрузочную цапфу. У мельниц с разгрузкой через решетку имеется подъемное устройство, принудительно разгружающее измельченный продукт, поэтому в них уровень материала может быть ниже уровня разгрузочной цапфы (иногда их называют мельницами с принудительной разгрузкой).

Мельницы характеризуются внутренним диаметром D барабана (при снятой футеровке) и рабочей его длиной L . Вследствие простоты замены изнашивающихся мелющих тел и футеровки барабана на ша-

ровых мельницах можно измельчать очень твердые, а также абразивные материалы. Достижимая в барабанных мельницах степень измельчения материала $i = 50 - 100$.

Шаровые мельницы (рис. 3.13) с центральной разгрузкой имеют короткий барабан, заполненный примерно на половину стальными шарами диаметром 25 – 175 мм (при питании мельницы кусками не крупнее 25 – 65 мм). Изнутри барабан футерован плитами, имеющими ступенчатую или волнистую поверхность для более высокого подъема измельчающих шаров.

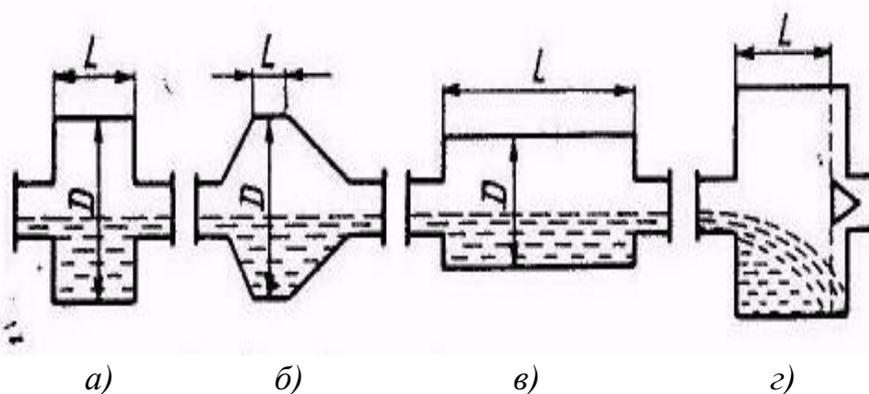


Рис. 3.13. Типы барабанных мельниц: а – шаровая мельница с центральной загрузкой; б – стержневая мельница; в – трубная; г – трубная многокамерная

Материал измельчают как мокрым, так и сухим способом, причем в первом случае суспензия свободно сливается через полую цапфу, а во втором случае продукт разгружается через цапфу самотеком или отсасывается вентилятором.

Стержневые мельницы имеют короткий барабан, в который загружаются стержни диаметром от 40 до 100 мм. При небольшом числе оборотов (12 – 30 об/мин) стержни не падают, а перекачиваются в нем, благодаря чему не происходит переизмельчения материала, поэтому стержневые мельницы дают более равномерный продукт измельчения, чем шаровые. В стержневых мельницах материал измельчают главным образом мокрым способом, а загружают и выгружают через полые цапфы.

В трубных мельницах материал полностью измельчается вследствие большей продолжительности пребывания его в длинном бара-

бане. При этом отпадает необходимость в классификаторе, но увеличивается расход энергии на измельчение. Трубные мельницы делятся на однокамерные (рис. 3.14) и многокамерные (рис. 3.15).

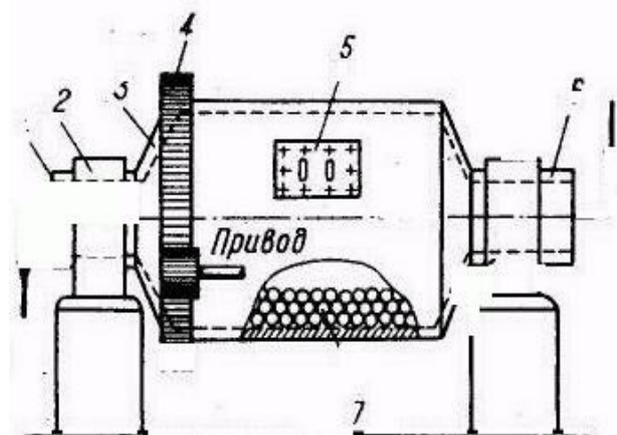


Рис. 3.14. Однокамерная мельница: 1 – полая цапфа (выводная); 2 – подшипники; 3 – барабан; 4 – приводная пара; 5 – люк; 6 – цапфа питания; 7 – мелющие тела

Материал в этих мельницах движется под действием разности уровней материала на его входе и выходе, а также вследствие вращения барабана. Трубные мельницы разделяют перегородками на ряд камер для того, чтобы получить при непрерывном способе измельчения меньший проскок исходного продукта в конечный. Правильная работа мельницы и качество

измельчения во многом зависят от характера движения мелющих тел, который определяется в основном числом оборотов и степенью заполнения барабана мелющими телами.

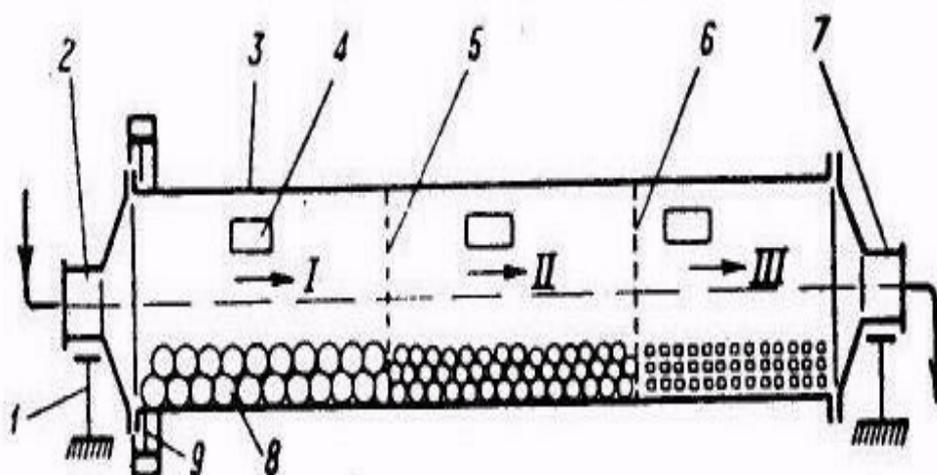


Рис. 3. 15. Многокамерная мельница: 1 – стойка; 2 – цапфа питания; 3 – барабан; 4 – люк; 5, 6 – диафрагмы; 7 – выводная цапфа; 8 – мелющие тела; 9 – приводная пара

Бегуны

Бегунами называют машины, имеющие чашу с установленными на ней катками. Действие бегунов основано на раздавливании с одновременным истиранием материала с помощью качения вокруг вертикальной оси двух катков по горизонтальной поверхности чаши или вращения чаши при вращающихся, но не катящихся катках. Поступающий при этом под катки материал раздавливается силой их тяжести, а скольжение катков приводит к истиранию материала.

Конструктивное оформление бегунов довольно разнообразно. Их различают по непрерывности работы, расположению привода и способу вращения катков. Если загрузка измельчаемого материала и выдача продукта производятся непрерывно, то такие машины называют бегунами непрерывного действия. В бегунах периодического действия работа осуществляется по некоторому циклу: материал загружается, затем его измельчают и выгружают. Потом процесс повторяется.

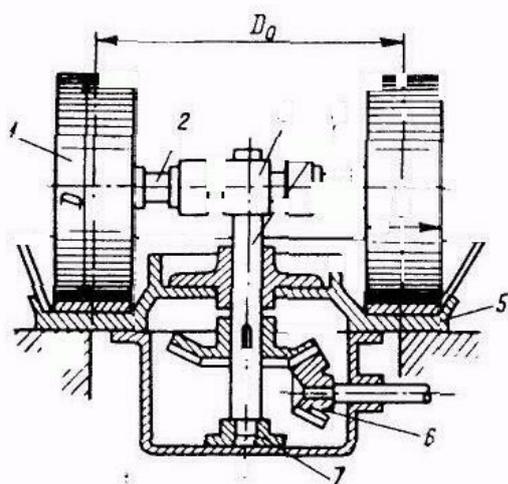
По расположению привода различают бегуны с верхним и нижним приводом. Преимущество бегунов с верхним приводом – возможность наблюдать за состоянием привода и относительная простота его ремонта. Катки могут вращаться вокруг своей горизонтальной оси или же одновременно и вокруг вертикальной оси вала привода. В первом случае катки вращаются за счет сил трения, возникающих между катками и вращающейся чашей. Во втором случае чаша остается неподвижной, а катки вращаются вокруг неподвижной оси – так называемые бегуны с неподвижной чашей, применяются при сравнительно небольшом весе катков. В этом случае каткам можно сообщать повышенные скорости, что приводит к ускорению помола.

Бегуны (рис. 3.16) состоят из катков, закрепленных на полуосях, шарнирно соединенных с водилом центрального вала, опирающегося на подпятник и через втулку на чашу. Водило, вращаясь, увлекает за собой катки, заставляя их бегать (отсюда название – бегуны) по дну чаши. Сырье подается в чашу, где и измельчается катками до частиц заданных размеров.

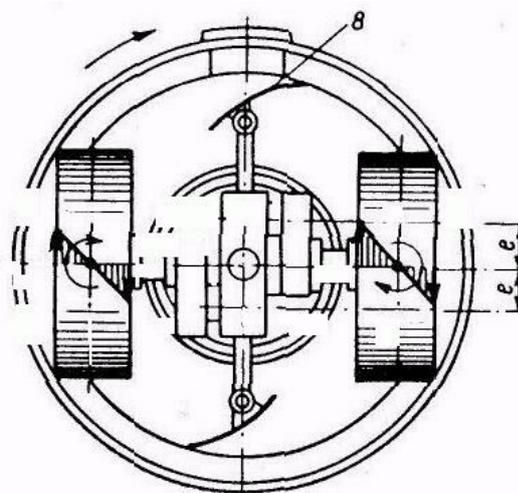
Для того чтобы куски материала были измельчены в бегунах,

диаметр кусков должен быть, по крайней мере, в 40 раз меньше диаметра катка ($D \geq 40 d_{cp}$). Если коэффициент трения f значительно больше принятого среднего значения ($f = 0,3$), то это соотношение может быть уменьшено ($D \geq 20 d_{cp}$).

В процессе измельчения материал центробежными силами сдвигается к наружной стенке чаши. Для возвращения его под катки при-



а)



б)

Рис. 3.16. Бегуны: а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – катки; 2 – полные катки; 3 – водило; 4 – центральный вал; 5 – чаша; 6 – коническая пара; 7 – подпятник; 8 – скребки

измельчается раздавливанием или истиранием.

меняют специальные скребки. На бегунах можно получить продукт измельчения с размерами частиц, не превышающими 40 мкм. В настоящее время с появлением новых конструкций мельниц роль бегунов несколько снизилась, но там, где измельчаются вязкие материалы и необходимо сочетать измельчение с перемешиванием, они все еще применяются.

На производительность бегунов влияют ширина, количество и скорость вращения катков относительно центрального вала, свойства измельчаемого материала, а также условия эксплуатации – равномерность питания и своевременность вывода готового продукта из зоны измельчения.

Роликовые мельницы

Роликовыми (кольцевыми) или ролико-кольцевыми называются мельницы непрерывного действия, в которых катящийся ролик (валок, шар) прижимается к кольцу или тарелке. Материал, поступающий между кольцом или тарелкой и роликом,

В роliko-кольцевой мельнице ролики свободно насажены на три-пять маятников, которые вращаются на общей крестовине. Поступающий в мельницу материал измельчается между роликами и поверхностью кольца. Роликовые мельницы работают в замкнутом цикле с пневматической разгрузкой материала. Обычно они снабжены встроенным в корпус мельницы сепаратором, что делает мельничный агрегат более компактным. Измельченный материал уносится струёй воздуха в сепаратор. При рассмотрении устройства мельницы можно сделать вывод, что ее пригодность для измельчения данного материала зависит как от размеров размольного кольца и роликов, так и от скорости вращения центрального вала.

Горизонтальные роliko-кольцевые измельчители, или, как их называют, маятниковые, имеют диаметр роликов 230 – 475 мм, диаметр размольного кольца – 600 – 1200 мм, скорость вращения центрального вала – от 200 об/мин (для малых мельниц) до 142 об/мин, (для самых больших измельчителей), мощность двигателя – 3 – 40 кВт.

Роliko-кольцевые мельницы применяют для тонкого измельчения материалов, которые не могут быть обработаны в шаровых мельницах вследствие налипания материала на шары и футеровку барабана. По сравнению с шаровыми мельницами кольцевые более компактны и степень измельчения в них может меняться в более широких пределах. Однако кольцевые мельницы сложнее по конструкции и требуют больших эксплуатационных расходов.

Вибромельницы

Принципиальная конструкция инерционной вибромельницы изображена на рис. 3.17. Корпус 4 мельницы, опирающийся на пружины, заполнен на 75 – 80 % мелющими телами в виде стальных шаров или цилиндриков (например, закаленными бракованными шарами или роликами от подшипников) размером 8 – 15 мм либо фарфоровыми шарами диаметром 12 – 15 мм. В трубе, проходящей по оси корпуса, вращается в подшипниках вал с дебалансом, приводимый во вращение электродвигателем.

В зависимости от типа и назначения мельницы устанавливается электродвигатель с 1000, 1450 или 3000 об/мин. Электродвигатель соединен с валом через эластичную муфту.

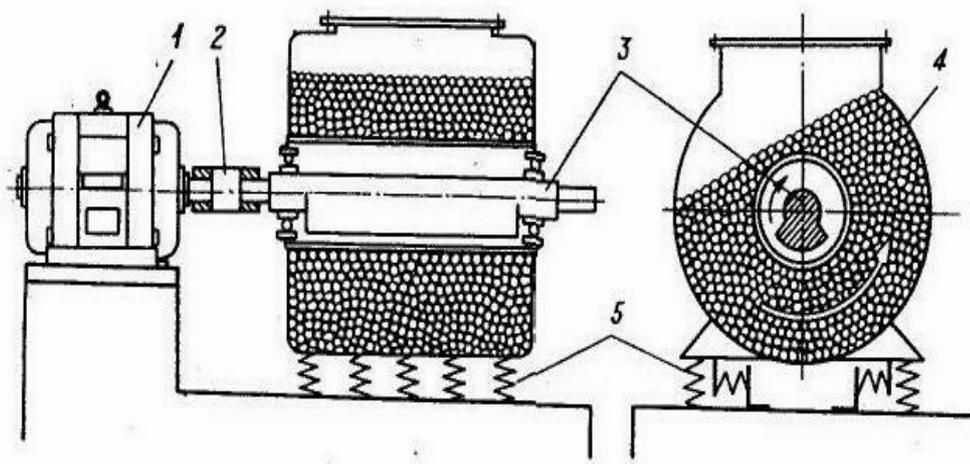


Рис. 3.17. Схема вибромельницы: 1 – электродвигатель; 2 – эластичная муфта; 3 – вал с дебалансом; 4 – корпус; 5 – пружины

При вращении вала корпус мельницы вместе с его содержимым приводится в качательное движение по эллиптической (приближающейся к круговой) траектории, делая от 1000 до 3000 колебаний в минуту с амплитудой в 2 – 3 мм. При вибрации корпуса мелющие тела совершают сложные движения, при которых материал измельчается в основном истиранием. Мелющие тела не только ударяются друг о друга, но и вместе с материалом совершают вращательное движение в корпусе относительно его оси и тем интенсивнее, чем больше коэффициент трения между ними и стенкой корпуса. Небольшие размеры мелющих тел и высокая частота колебаний корпуса мельницы обуславливают большую интенсивность измельчения материала истиранием. Эти же факторы приводят к быстрому износу мелющих тел.

Существуют вибрационные измельчители как периодического, так и непрерывного действия. Непрерывность процесса измельчения достигается отводом из корпуса измельчителя целевой фракции с помощью воздушного потока и непрерывной подачей сырья в зону измельчения. Для подачи воздуха и вывода пыле-воздушной смеси в корпусе мельницы предусматривают специальные штуцеры.

Вибромельницы изготовляют со стальными гуммированными корпусами и применяют для сухого и мокрого измельчения. Степень измельчения в вибрационной мельнице периодического действия зависит от времени пребывания материала в зоне измельчения, а производительность мельницы – от физико-механических свойств измельчаемого материала и условий ведения процесса. На производительность данной мельницы большое влияние оказывают размер частиц готового продукта и сопротивляемость материала размолу. С увеличением степени измельчения производительность мельницы уменьшается. В вибрационных мельницах целесообразно измельчать материалы с начальным диаметром зерен не более 1 – 2 мм до конечного диаметра менее 60 мкм. При сверхтонком измельчении эффективность этих мельниц в 5 – 30 раз превышает эффективность шаровых мельниц при значительно меньшем удельном расходе мощности.

При вибрационном измельчении значительная часть энергии, расходуемой на измельчение, превращается в теплоту. В результате этого температура внутри мельницы может сильно повыситься, что при измельчении ряда материалов недопустимо, поэтому вибраторы мельниц непрерывно охлаждаются водой, циркулирующей через рубашку. Вибрационные мельницы требуют сравнительно частого капитального ремонта. В настоящее время серийно выпускаются мельницы с объемом корпуса 200 и 400 л и с 1440 или 2920 колебаниями в минуту при амплитуде колебаний 2 – 3 мм. Мощность электродвигателей, установленных на этих мельницах, составляет 14 – 40 кВт. Работа вибромельниц, особенно с негуммированным корпусом, сопровождается сильным шумом, поэтому их надо устанавливать в изолированном помещении. Конструкция вибромельниц непрерывно совершенствуется, ищутся материалы для изготовления мельющих тел, менее подверженных износу, что улучшает перспективность применения этих машин в химической промышленности.

Струйные мельницы

Струйными мельницами называются аппараты, в которых с помощью энергии струи пара или воздуха, вытекающей со сверхзвуко-

вой скоростью из сопел в рабочую камеру, происходит сверхтонкое сухое измельчение с получением продукта, содержащего по весу более 90 – 95 % зерен размерами 1 – 5 мкм.

Схема струйной мельницы с вертикальной трубчатой камерой представлена на рис. 3.18.

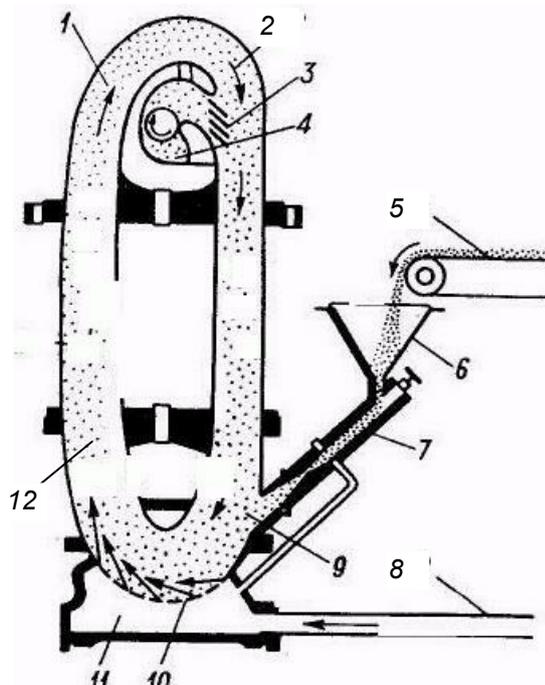


Рис. 3.18. Схема струйной мельницы с трубчатой вертикальной камерой (СТК): 1, 2 – колена камеры; 3 – жалюзи; 4 – отсос; 5 – транспортер подачи измельченного материала; 6 – загрузочная воронка; 7 – питающий эжектор; 8 – трубопровод энергоносителя; 9 – зона помола; 10 – коллектор; 11 – сопла; 12 – восходящий участок камеры

Сжатый газ (воздух, перегретый пар) под давлением 8 – 12 атм поступает по трубопроводу в коллектор и далее через систему сопел в нижнюю часть помольно-разделительной камеры. Сопла располагаются попарно таким образом, что каждая пара струй пересекается друг с другом в вертикальной плоскости на некотором удалении от противоположной стенки трубы. Кроме того, сопла скашиваются в вертикальной плоскости на определенный угол, чтобы вызвать циркуляцию газа, находящегося в камере. Материал измельчается в результате столкновения частичек в точках пересечения струй друг с другом и в вихрях, возникающих между ними. Частицы

разделяются при взаимодействии центробежных и центростремительных сил, возникающих на резких поворотах потока в коленах. При этом более крупные частицы отбрасываются к внешней стенке трубы и, спускаясь по вертикальному стволу, снова попадают в зону измельчения. Более легкие частицы, движущиеся в области, прилегающей к внутренней стороне трубы, попадают в поток газа (воздуха, перегретого пара), отсасываемого из мельницы через жалюзи, представляющие собой инерционный разделитель.

Принцип действия разделителя заключается в том, что крупные частицы материала, обладающие относительно высокой кинетической энергией, сталкиваясь с жалюзи, отражаются от них и отбрасываются в газовый поток, движущийся вниз. Более мелкие частицы увлекаются потоком, отсасываемым из мельницы. Частицы измельченного материала выводятся наружу лишь при достижении определенного размера.

Для улавливания готового продукта применяют центробежные пылесадители и тканевые пылеуловители-фильтры. Из недостатков, присущих струйным мельницам, следует отметить следующие: при измельчении с применением сжатого воздуха они расходуют большое количество электроэнергии или же требуется перегретый пар с температурой 300 °С и давлением 8 – 12 атм. При сверхтонком измельчении твердых или абразивных материалов необходимо предварительно тонко их измельчить до зерен крупностью 60 – 1000 мкм. Струйные мельницы требуют весьма равномерного питания исходным измельчаемым материалом. Работа мельниц сопровождается сильным шумом, поэтому необходимо устанавливать в изолированном помещении, а при работе на пару требуется громоздкое подсобное оборудование.

Основное преимущество струйных мельниц, помимо простоты их конструкции и компактности, – возможность сухого сверхтонкого измельчения с получением 95 % продукта с зернами 1 – 5 мкм, чего нельзя достигнуть на других типах мельниц при сухом измельчении. Именно поэтому струйные мельницы используют в тех случаях, когда для повышения качества продукта или улучшения его свойств необходима такая тонкость сухого измельчения. Другим преимуществом является высокоэффективное измельчение в сочетании с классификацией частиц измельченного материала.

Коллоидные мельницы

Помимо струйных мельниц для сверхтонкого измельчения применяют также коллоидные мельницы, которые по принципу действия

напоминают ролико-кольцевые или ударно-центробежные мельницы. В коллоидных мельницах материал измельчается либо проходя через весьма малый (до 0,05 мм) зазор между быстро вращающимся коническим роликом (ротором) и расширяющимся кверху кольцом (статором), либо проходя между расположенными по концентрическим окружностям пальцами диска-ротора и корпуса мельницы. Коллоидные мельницы работают при очень больших окружных скоростях ротора (до 125 м/с) и применяются главным образом для мокрого измельчения. При этом отношение твердой и жидкой фаз обрабатываемой системы (в зависимости от свойств измельчаемого продукта) колеблется в пределах от 1:2 до 1:6.

Конусная коллоидная мельница с рифлеными рабочими поверхностями показана на рис. 3.19.

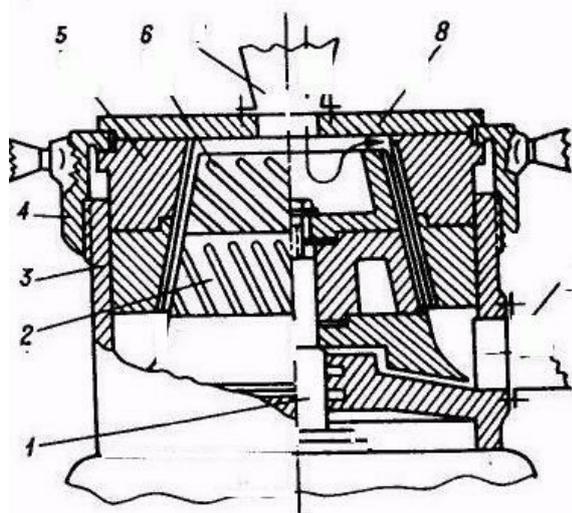


Рис. 3.19. Конусная коллоидная мельница: 1 – вал; 2 – ротор; 3 – корпус; 4 – накидная гайка; 5 – статор; 6 – канавки; 7 – приемная воронка; 8 – крышка; 9 – выводной штуцер

Главные элементы этой машины – конусный ротор и статор – заключены в корпус]. Ротор и статор разделены по высоте на несколько кольцевых зон, имеющих на поверхности наклонные параллельные канавки, ширина которых уменьшается, а количество увеличивается по мере перехода от верхних зон к нижним. Канавки статора и ротора направлены в противоположные стороны и пересекаются. Материал в виде пульпы поступает через воронку на верхний торец ротора, попадает в зазор между статором и ротором, продвигается по этому зазору вниз, измельчается между пересекающимися канавками и удаляется через выводной штуцер. Степень измельчения регулируется зазором между ротором и статором. В зависимости от размера мельниц потребляемая ими мощность колеблется от 1,5 до 30 кВт.

3.3. Машины для механической сортировки материалов

Общие сведения о сортировке материалов, способы и применяемое оборудование

Разделение сыпучих материалов по размеру кусков или зерен называется классификацией, с помощью которой сыпучая смесь разделяется на классы (фракции), ограниченные определенными пределами размеров кусков или зерен. Применяют различные способы разделения сыпучих материалов на фракции. Наиболее распространены грохочение (просеивание через сита и решетки), разделение под действием сил тяжести и инерции, а также под действием центробежных сил. Сыпучий материал пропускают через сито с определенным размером отверстия d . Частицы, размер которых меньше размера отверстия в сите, проходят через него (фракция $-d$), а более крупные задерживаются на сите (фракция $+d$). Применяя сита с разными отверстиями, можно разделить зернистый материал практически на любое количество фракций.

Полученные в результате просеивания на сите продукты обозначаются размером отверстий сита, полностью пропускающего зерна данного размера (со знаком «минус»), и размером отверстий сита, полностью их задерживающего (со знаком «плюс»).

Классы зерен обозначаются размерами сит, соответствующих предельным размерам зерен или кусков данного класса. Например, если данный класс получен последовательным просеиванием на ситах № 4 и № 2, т.е. с отверстиями 4 и 2 мм, то его обозначают так: $-4+2$ мм. Изготавливают сита в основном из проволочных сеток с отверстиями, имеющими размер стороны от 0,04 мм и больше. Величина отверстий сеток (размеры ячейки) определяется минимальным расстоянием (в свету) между противоположными проволоками и выражается в линейных единицах – миллиметрах или микронах. Отношение площади отверстий сита в свету к общей площади сита называется живым сечением и для всех сит составляет ~ 36 %.

Употребляемое еще в отечественной практике американское понятие «меш» означает количество отверстий в сите на один линейный дюйм (25,4 мм). По немецкой системе номер сита соответствует числу отверстий на один линейный сантиметр.

Частицы определенной крупности отделяются на грохоте при движении материала относительно рабочей поверхности грохота. Относительное движение материала создают либо на неподвижном грохоте, либо при движении сита грохота в наклонной или горизонтальной плоскости. В результате грохочения получают два продукта: 1) частицы, прошедшие через сито, – просев (нижний продукт) и 2) частицы, не прошедшие через сито, – отсеv (верхний продукт). Эффективность грохочения обычно характеризуется отношением веса полученного нижнего продукта к весу частиц того же класса в исходном материале. Грохочение производится через одно сито или последовательно через несколько сит – многократное грохочение. Грохочение от мелкого к крупному дает возможность наблюдать за всеми ситами, но при этом длина грохота значительна. Грохочение от крупного к мелкому дает лучшее качество грохочения вследствие отсева в первую очередь наиболее крупных частиц, но при таком способе ощущается сложность ремонта и смены сит, а также затруднен отвод готового продукта. Недостатки первых двух способов грохочения удается в известной мере преодолеть при грохочении комбинированным способом.

Понятие о плоских и барабанных грохотах

Плоские качающиеся грохоты

Такие грохоты на пружинящих опорах получили весьма широкое распространение. Грохот (рис. 3.20) состоит из прямоугольного короба с ситом, которому сообщается качание от эксцентрикового механизма. При качаниях грохота, наклоненного к горизонту под углом $7 - 14^\circ$, материал перемещается вдоль сита. Нижний продукт просеивается, а верхний сбрасывается с разгрузочного конца грохота. Достоинства плоских качающихся грохотов: большая производительность и высо-

кая четкость грохочения, компактность, удобство обслуживания и ремонта. Недостаток этих грохотов – неуравновешенность конструкции, вызывающая сильные сотрясения здания. По этой причине плоские качающиеся грохоты нельзя устанавливать на верхних этажах.

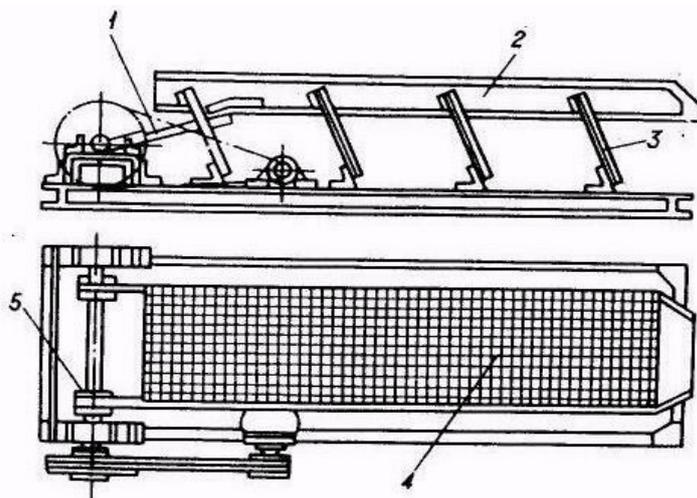


Рис. 3.20. Плоский качающийся грохот на пружинящих опорах: 1 – шатун; 2 – короб; 3 – пружинящий стержень; 4 – сито; 5 – эксцентрик

Среди качающихся грохотов выделяются эксцентровые (гирационные) и вибрационные (инерционные) грохоты. Они обладают рядом преимуществ и в настоящее время вытесняют все другие типы грохотов. Схема качающегося эксцентрового грохота с круговым качанием в вертикальной плоскости дана на рис. 3.21. В стойке рамы на шарикоподшипниках установлен вал-вибратор с двумя противовесами. К валу симметрично на подшипниках крепится короб с ситом. Короб опирается на пружины. Эксцентровый вал сообщает коробу качательное движение по окружности с амплитудой качаний, равной эксцентриситету вала.

В вибрационных грохотах (рис. 3.22) плоское и обычно наклонное сито совершает частые колебания небольшого размаха. Короб и сито установлены на пружинах. На стойках в подшипниках вращается вал с двумя шкивами, несущими неуравновешенные грузы (дебаланс). При вращении шкивов возникают центробежные силы инерции, кото-

рые сообщают коробу колебательное движение. Для вибрационных грохотов требуется весьма равномерное питание материалом.

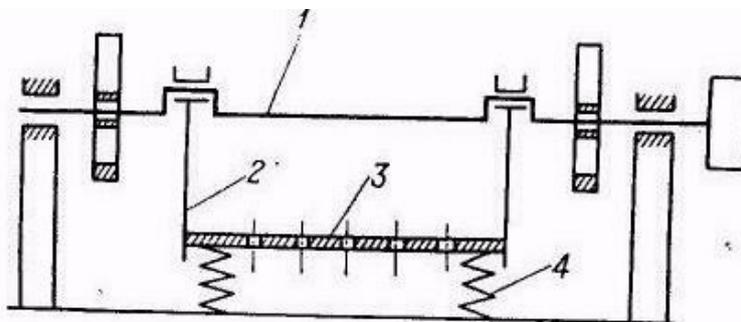


Рис. 3.21. Схема эксцентрикового грохота:
1 – вал-вибратор; 2 – короб; 3 – сито;
4 – пружина

По такому же принципу работают электровибрационные грохоты.

Колебания сит в них осуществляется посредством электромагнита (соленоида), через обмотку которого пропускают переменный ток, или с помощью специальных электрических вибраторов.

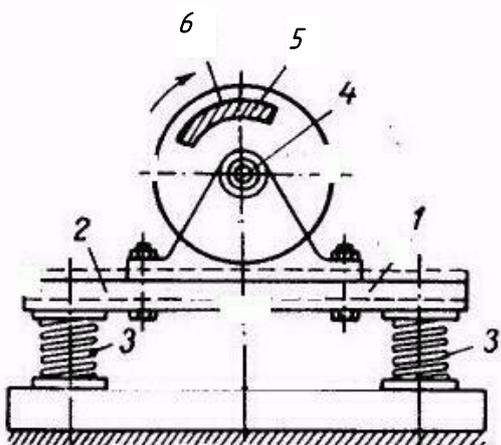


Рис. 3. 22. Схема вибрационного грохота: 1 – короб; 2 – сито; 3 – пружина; 4 – вал; 5 – шкив; 6 – неуравновешенный груз (дебаланс)

Из достоинств эксцентриковых и вибрационных грохотов следует отметить следующие: 1) при высокой частоте колебаний сита почти не забиваются материалом; 2) обладают более высокой производительностью и точностью грохочения; 3) пригодны для крупного и тонкого грохочения; 4) потребляют меньше энергии по сравнению с другими типами грохотов.

Правила эксплуатации и техники безопасности при работе с камнедробилками

Один из важнейших факторов, который обеспечивает бесперебойную работу дробильных машин, – их правильная эксплуатация.

Щековые дробилки эксплуатируют в весьма тяжелых производственных условиях (переменная величина нагрузки, действие абразивной пыли и т.д.), влияющих на сроки службы деталей дробилок. Обслуживающий персонал должен точно соблюдать рабочую инструкцию по эксплуатации таких машин. Перед пуском щековой дробилки следует проверить: 1) крепление коренных и шатунных подшипников; 2) крепление броневых плит (щек); 3) затяжку крепежных болтов и гаек; 4) крепление регулировочных клиньев; 5) шпонки маховиков. При обнаружении неисправностей их следует устранить и лишь после этого пускать дробилку в работу. Необходимо проверить наличие и качество масла в подшипниках, а также наличие густой смазки в масленках, обслуживающих распорные доски дробилки и оси подвижной щеки.

При принудительной смазке необходимо включить масляный насос и проверить, как масло пойдет из спускного маслопровода, тщательно проследить за поступлением масла во все подшипники. Необходимо также следить за исправностью приводных ремней и наличием ограждений. Зев дробилки перед пуском очищается от кусков. Пускают дробилку в ход обязательно без нагрузки. Для облегчения пуска дробилки маховик поворачивают на небольшой угол, чтобы сила тяжести шатуна помогала вращению. По достижении нормального числа оборотов начинают загружать материал. Питание дробилки материалом должно быть равномерным и не вызывать резкого изменения числа ее оборотов. Запрещается перегружать дробилку. Перед ее остановкой следует прекратить загрузку. После того как дробильная камера очистится от материала, можно выключить электродвигатель привода дробилки. Во время работы щековых дробилок следует особо внимательно наблюдать за подшипниками эксцентрикового вала, не допуская нагрева их выше 70 °С.

При работе дробилки запрещается чистить ее или проводить ремонтные работы, надевать или снимать ремень, вынимать руками куски материала или посторонние предметы из зева дробилки или подправлять их. Вынимать или подправлять куски в зеве дробилки следует с помощью специального приспособления. Приводные ремни, шкивы и маховики дробилок должны быть ограждены, а боковые

стенки станины – снабжены специальными защитными ограждениями для устранения возможности выскакивания кусков из зева дробилки.

При эксплуатации конусных дробилок для обеспечения их бесперебойной работы особое внимание должно быть обращено на правильную и непрерывную загрузку, режим смазки, чистоту масла, правильный уход и своевременный ремонт и осмотр, должную организацию рабочего места, а также на соблюдение рабочей инструкции по обслуживанию машины. Уход за дробилкой и обслуживание ее во время работы заключаются в выполнении рабочим персоналом основных требований по подготовке к пуску, пуску дробилки, по уходу и обслуживанию во время работы и по остановке дробилки.

Перед пуском дробилки следует проверить: 1) крепление распределительной тарелки; 2) крепление болтов регулирующей части; 3) исправность загрузочных и разгрузочных механизмов; 4) закрепление пружин, стяжных болтов и стержней; 5) крепление брони.

Проверяется также наличие и качество масла в масляной системе, исправность приводных ремней. При обнаружении масла на ремнях или шкивах их следует протереть. Приводной вал не должен иметь осевого смещения, а в зеве дробилки не должно быть материала. Проверяется наличие и исправность ограждений. При их отсутствии или неисправности пускать дробилку не разрешается. Во время работы следует непрерывно наблюдать за циркуляцией масла в маслоуказателе, уплотнениями в системе смазки и температурой втулки горизонтального вала. Обнаружив неисправность, дробилку останавливают и после устранения причины неисправности пускают вновь.

По мере износа футеровки регулируется разгрузочная щель. Перед остановкой следует прекратить загрузку, после чего выключают электродвигатель привода дробилки. При внезапном отключении привода дробилку пускают после полной очистки от материала. Для того чтобы дробилка бесперебойно работала, необходимо следить за амортизационными пружинами, предназначенными для защиты от поломок, когда в дробилку попадает слишком твердое тело. При нормальном отрегулированном питании пружины не должны работать. Если пружины находятся в постоянном или частичном действии, зна-

чит дробилка перегружена или пружины затянуты неправильно. Пружины затягивают в соответствии с заводским паспортом машины. Повышенная затяжка пружин может привести к поломке опорного кольца. Рекомендуется, как правило, каждые два-три дня работы немного опускать наружный (неподвижный) конус, чтобы компенсировать износ футеровки. При этом необходимо следить за тем, чтобы установочные болты после каждого такого изменения были плотно затянуты, так как слабое закрепление наружного конуса может привести к поломкам и необходимости ремонта дробилки.

Валковые дробилки, так же как щековые и конусные, эксплуатируются в весьма тяжелых производственных условиях. Бесперебойность их работы зависит от качества обслуживания и своевременного ремонта в соответствии с рабочей инструкцией по эксплуатации, предусматривающей необходимый контроль за состоянием и режимом работы машины.

Перед пуском валков следует проверить: 1) крепление шкивов, шестерен, подшипников, затяжных конусов ступицы, бандажей, футеровочных плит, натяг предохранительных пружин; 2) исправность и надлежащее состояние приводных ремней; 3) ширину щели между валками.

Во время работы следует наблюдать за исправностью смазочных устройств, крупностью материала, поступающего и выходящего из валков, и за равномерным питанием дробилки материалом. Перед остановкой необходимо за две-три минуты прекратить питание. После того как весь материал, находящийся в питательной воронке, выработан, можно остановить дробилку.

Для обеспечения нормальной работы валковых дробилок особое внимание следует уделять режиму смазки машины. Подшипники скольжения смазываются периодической заливкой жидкого масла на подушку из войлока, заполняющего карманы над цапфой, или постоянной подачей масла при помощи масленки. Подшипники качения смазываются густой смазкой при помощи шприца или прессмасленки.

Для того чтобы обеспечить нормальную работу молотковых дро-

билки, необходимо строго соблюдать основные правила по подготовке к работе и пуску, обслуживанию и уходу во время работы и по остановке машины после работы.

Перед пуском дробилки следует проверить: 1) крепление шкивов, полумуфт, подшипников, молотков, осей молотков, дисков ротора и других соединений; 2) наличие масла в подшипниках; 3) не заклинен ли ротор дробилки (он должен свободно прокручиваться); 4) прочность крепления всех броневых плит (обстукиванием и, в случае надобности, подтяжкой крепежных болтов); 5) исправность и надлежащее состояние приводных ремней или соединительных муфт; 6) исправность загрузочных и разгрузочных устройств и наличие в дробилке материала; 7) плотность закрытия всех люков и лазов корпуса дробилки.

Во время работы необходимо следить за исправностью масляной системы, крупностью материала, поступающего в дробилку и выходящего из нее, а также равномерностью поступления материала. В процессе работы молотковой дробилки нельзя регулировать зазор между ротором и колосниковой решеткой, а также открывать заднюю откидную стенку корпуса. Перед остановкой следует прекратить загрузку материала. После остановки дробилки все наружные части машины очищают от пыли и грязи, а колосниковую решетку – от забившегося материала. Одновременно с этим устанавливается степень пригодности к работе молотков, колосников и футеровки.

В случае, когда крупность выходящего материала не соответствует заданной, необходимо изменить зазор между ротором и колосниковой решеткой, перевернуть сработанные молотки (или заменить их новыми) либо изменить число оборотов ротора. При этом более высокое число оборотов ротора соответствует получению более мелкого материала (и наоборот). Иногда для изменения крупности выходящего материала необходимо перебрать колосниковую решетку, изменив зазор между колосниками (тем самым меняется степень измельчения). При дроблении материала с большой влажностью или большим содержанием мелочи необходимо периодически очищать и проверять

колосниковую решетку. Нормальная работа молотковых дробилок зависит от правильного режима смазки и качества масла. Шариковые и роликовые подшипники ротора смазывают густой смазкой посредством колпачковой масленки или шприца. Подшипники скольжения имеют, как правило, кольцевую смазку. Подача масла в подшипники может быть индивидуальной или централизованной от ручного или приводного насоса.

Условия эксплуатации дезинтеграторов и дисмембраторов аналогичны по многим требованиям эксплуатации молотковых дробилок. Большая окружная скорость пальцев в дисмембраторах и дезинтеграторах при очень небольшом зазоре между рядами пальцев и их малой прочности приводит к тому, что попадание в мельницу даже небольшого кусочка твердого материала, не говоря уже о металлических предметах, приводит к их поломке. Именно поэтому перед измельчителями таких типов обязательно устанавливают электромагниты.

Безопасность персонала, занятого в цехах измельчения, зависит от выполнения правил техники безопасности и требований санитарно-технических норм, предусматривающих необходимую температуру, влажность, освещенность и допустимую запыленность рабочих мест. В рабочей зоне в цехах измельчения должны поддерживаться температура не ниже 14 °С и влажность воздуха не выше 80 %. В производственном помещении устанавливают достаточное количество светильников в соответствии с нормами освещенности. Нормы запыленности соблюдаются за счет принятия специальных мер по обеспыливанию цехов, где измельчение материала всухую и транспортирование продуктов сопровождается большим пылевыделением. К этим мерам относятся обрызгивание материала и герметизация мест пылевыделения с устройством вытяжной вентиляции, отсасывающей запыленный воздух.

В цехах измельчения пыль выделяется в приемных воронках или бункерах, рабочем пространстве дробилок, местах выгрузки продуктов из дробилок и мельниц и местах загрузки, грохотах, желобах и питателях. Во всех этих местах пыль образуется вследствие падения кусков материала с некоторой высоты, а потоки воздуха распространяют образующуюся пыль по производственным помещениям.

Для безопасного и удобного ремонта оборудования движущиеся части машин и площади обслуживания следует оградить. Все площадки на высоте более 0,3 м над полом должны иметь прочные перила высотой не менее 1 м. Размещение машин в цехах должно допускать свободное перемещение обслуживающего персонала, возможность доставки запасных частей к местам ремонта и уборки демонтированных деталей. Трубы и желоба должны быть укрыты под площадками или подняты над проходами на высоту не ниже, чем 2 м над полом.

Барабанные грохоты

Барабанные грохоты применяют для отсева преимущественно сухих материалов. Цилиндрический барабанный грохот (рис. 3.23) представляет собой перфорированный или изготовленный из сетки барабан, который вращается на опорных роликах (или на центральном валу). Барабаны грохотов устанавливаются наклонно под углом $4 - 7^\circ$ к горизонту. Отверстия в барабане для прохода нижнего продукта в большинстве случаев увеличиваются по ходу материала (грохочение от мелкого к крупному). Окружная скорость барабанных грохотов колеблется в пределах $0,61 - 1,25$ м/с.

К достоинствам барабанных грохотов относятся простота их конструкции и обслуживания, а также равномерное вращение.

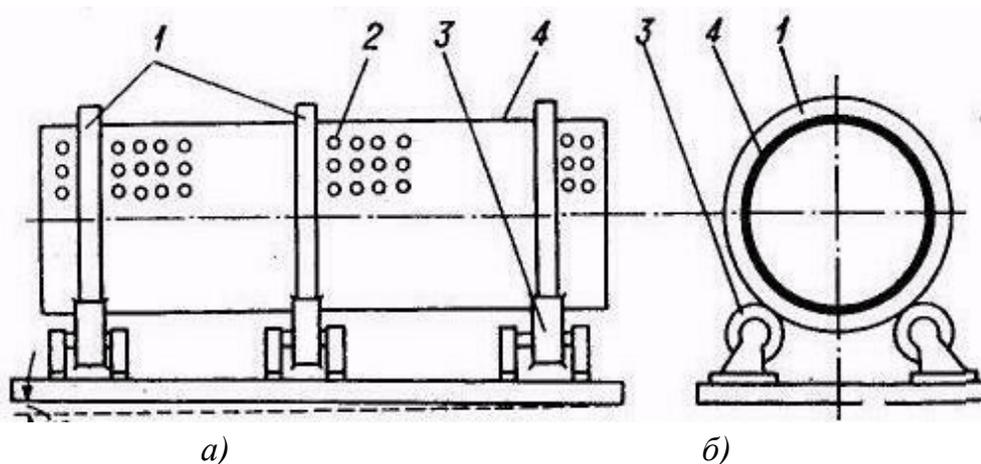


Рис. 3.23. Цилиндрический барабанный грохот: а – вид сбоку; б – разрез; 1 – бандажи; 2 – отверстие; 3 – опорные ролики; 4 – барабан

К недостаткам следует отнести небольшую производительность на единицу поверхности сита; сильное крошение материала и значительное пылеобразование, а также большой расход металла на изготовление грохота. Для предотвращения распространения пыли грохот устанавливают в отдельном помещении. В настоящее время вследствие указанных недостатков барабанные грохоты постепенно вытесняются плоскими качающимися и вибрационными грохотами.

3.4. Оборудование для воздушной сортировки материалов и пылеосаждения

На крупных производствах и при получении особо тонких порошков последние разделяют на классы методом отдельного высушивания частиц из несущей среды под действием сил тяжести.

В качестве несущей среды при сухом измельчении чаще всего применяют воздух, реже – дымовые или инертные газы, а при мокром измельчении – воду.

Простейший сепаратор, в котором частицы разделяются под действием сил тяжести, – отстойный газоход (рис. 3.24). Измельченный материал в потоке газа через штуцер поступает в камеру, где его скорость уменьшается, а поток меняет направление за счет перегородок. Твердые частицы начинают выделяться из потока и под действием сил тяжести осаждаются: наиболее крупные частицы – в первом сборнике, во втором – более мелкие, а самую тонкую фракцию поток будет выносить из отстойника. В дальнейшем эта фракция отделяется от потока в специальных аппаратах – фильтрах, циклонах и т.п.

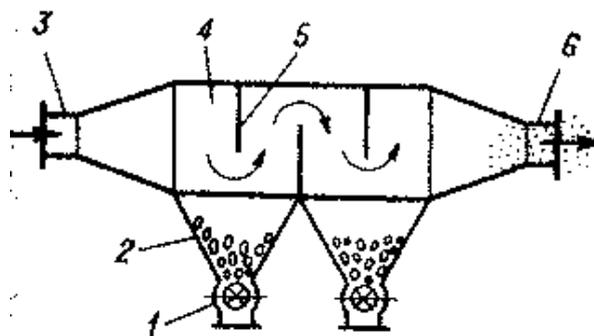


Рис. 3.24. Отстойный газоход: 1 – ячейковый выгрузитель; 2 – сборник фракций; 3 – штуцер питания; 4 – корпус газохода; 5 – направляющие перегородки; 6 – выходной штуцер

Воздушные сепараторы обычно работают в одном агрегате с мельницей. На рис. 3.25 представлен воздушно-проходной сепаратор.

Измельченный материал в потоке воздуха поступает через патрубок в кольцевое пространство между корпусом и внутренним конусом.

Вследствие увеличения в этом пространстве проходного сечения

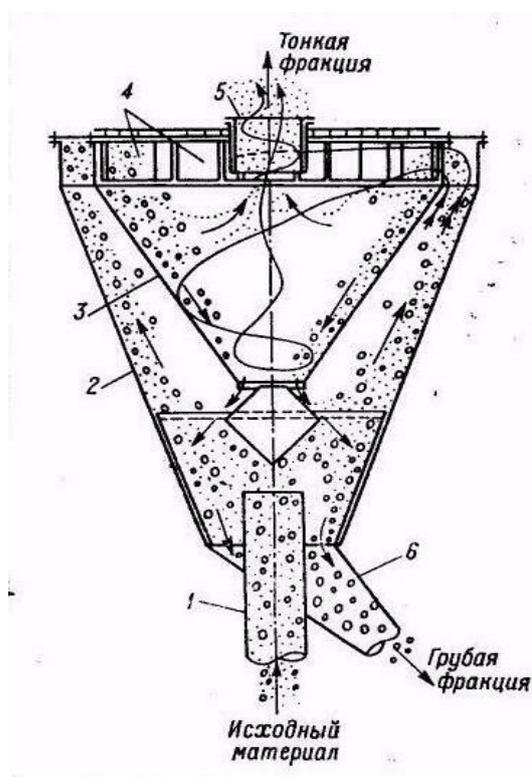


Рис. 3.25. Воздушно-проходной сепаратор: 1 – входной патрубок; 2 – корпус; 3 – внутренний конус; 4 – лопатки; 5 – патрубок для удаления тонкой фракции; 6 – патрубок для удаления грубой фракции

использовании несущей среды.

Спиральные и речные механические классификаторы состоят из неподвижного корпуса (корыта) и непрерывнодействующего транспортногo устройства для сбора и удаления песков – крупных осаждающихся частиц, которые вновь подаются на доизмельчение в мельницу. Например, спиральный классификатор (рис. 3.26) имеет наклонное корыто полуцилиндрического сечения с насаженной на вал спиралью, частично погруженной в жидкость, и высоким порогом, через который удаляется взвесь мелких частиц – слив. Пески осаждаются в нижней части корыта и при помощи спирали, делающей 2,5 – 17 об/мин, транспортируются в верхнюю часть корыта и здесь выгружаются. Кроме од-

скорость конуса, опускаются по ним и удаляются через патрубок. Газовый поток с мелкими частицами выходит через патрубок и далее подается в циклон. Работу сепаратора можно регулировать изменением скорости воздуха или положения лопаток. При мокром методе размола для разделения на фракции применяют гидравлические классификаторы, разделяющие зерна в потоке жидкости, – отстойники, механические классификаторы и гидроциклоны. По принципу работы отстойники практически не отличаются от работы отстойных газоходов (см. рис. 3.24), разница заключается лишь в ис-

носпиральных, применяют также двухспиральные классификаторы с двумя спиралями в одном корпусе.

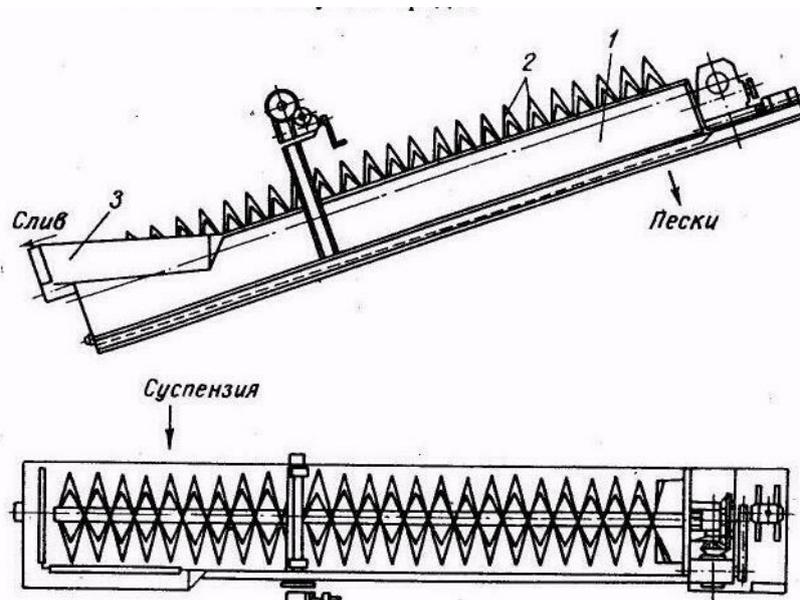


Рис 3.26. Спиральный классификатор: 1 – наклонное корыто; 2 – спираль; 3 – порог

Разделение под действием центробежных сил

Наиболее эффективные аппараты для разделения, по сравнению с отстойниками, – циклоны-сепараторы и гидроциклоны.

Принцип разделения сыпучих материалов под действием центробежных сил основан на том, что при вращении материалов вместе с несущей средой более крупные частицы, обладая большей центробежной силой, перемещаются к периферии. Простейшим сепаратором этого типа является циклон (рис. 3.27). Носитель (газ или жидкость), содержащий твердые частицы, через штуцер тангенциально (по касательной к окружности) вводится в корпус, приобретая при этом вращательное движение. В таком потоке на частицу t действуют три главные силы: 1) сила тяжести, которая увлекает частицу вниз; 2) центробежная сила, выталкивающая частицу в радиальном направлении; 3) сила давления потока, заставляющая частицу двигаться по окружности. Траектория движения частицы – спираль. Достигнув стенки аппарата, частицы под действием силы тяжести будут двигаться по коническому дну к штуце-

ру. Мелкие частицы, не успевшие достигнуть стенки аппарата, вместе с носителем будут продвигаться к штуцеру. При этом на крутом повороте у входа в штуцер выносятся самая мелкая фракция. В рассматриваемом аппарате материал делится в основном на две фракции – нижнюю и верхнюю. Благодаря простоте конструкции и высокой производительности циклоны и гидроциклоны применяются в промышленности, поэтому был создан ряд типоразмеров циклонов производительностью по газу в одиночном циклоне от 20 до 90 000 м³/ч.

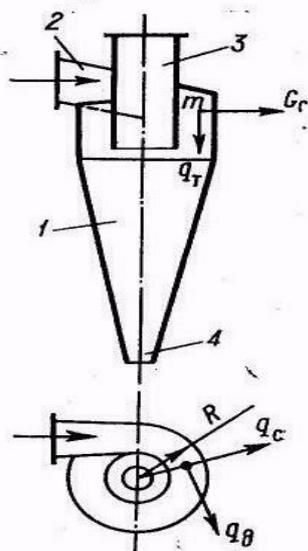


Рис. 3.27. Схема циклона-сепаратора:

1 – корпус; 2 – входной штуцер; 3 – выходной штуцер; 4 – штуцер для отвода крупной фракции

К числу нормальных циклонов НИИОГАЗ относятся циклоны ЦН-15, ЦН-15у, ЦН-11 диаметром до 800 мм и ЦН-24 диаметром до 1000 мм. Указанные циклоны отличаются друг от друга углом наклона входного патрубка; цифры при буквах ЦН (циклон нормальный) указывают величину этого угла в градусах. Из всех типов циклонов ЦН больше популярен циклон ЦН-15. При ограниченных габаритах по высоте применяют циклон ЦН-15у (укороченный), но при этом несколько снижается коэффициент извлечения. Для извлечения твердой фазы, состоящей из крупных частиц, при больших концентрациях в газе в качестве первой степени извлечения применяют высокопроизводительный циклон ЦН-24. Для осаждения твердых частиц размером 5 – 10 мкм рекомендуется устанавливать циклоны типа ЦН-11.

Лучше, чем обычные, пылевидные твердые продукты улавливают батарейные циклоны, состоящие из ряда параллельно включенных циклонов малого диаметра (150 – 250 мм). Батарейные циклоны могут работать с переменной нагрузкой при выключении и включении отдельных элементов батареи.

Для того чтобы выбрать из всего многообразия типоразмеров циклонов наиболее подходящий для конкретного случая, следует сравнить характеристики всех типов циклонов (приводятся в справочниках). На выбор циклона влияет задача, которую он должен решать. Если требу-

ется извлечь из пыле-газовой смеси твердую фазу с очень мелкими частицами, размер которых составляет несколько микрон, необходим циклон типа ЦН или батарейный (БЦ). Также поступают и в том случае, когда нужно полностью извлечь ценную или, наоборот, вредную твердую фазу.

3.5. Оборудование для гидравлической классификации и электромагнитного обогащения материалов

Гидравлические классификаторы

Сущность процесса гидравлической классификации и обогащения материалов – разделение смеси частиц на классы по крупности в жидкой среде за счет различной скорости осаждения частиц, находящихся под действием гравитационных или центробежных сил и сил противодействия жидкой среды (почти так же, как и при воздушной сепарации). Отличие в том, что, осаждаясь в жидкости, частицы испытывают сопротивление трения, которое зависит от вязкости жидкости, и динамическое сопротивление, определяемое скоростью движения частиц. Силы трения преобладают для частиц размером менее 0,1 – 0,2 мм, для частиц размером более 1 – 2 мм основным является динамическое сопротивление (в ньютонах). Иногда исходный материал разделяют на несколько классов, которые используют, например, при получении шлифовальных порошков разной тонкости (минутники). Чаще материал делят на два класса и используют один, называемый *готовым продуктом*. Неиспользуемый материал идет в отходы, а процесс классификации приобретает характер обогащения.

Коэффициент выхода готового продукта определяют по формуле

$$k = \frac{m_{об}}{m_{исх}} 100 \%;$$

где $m_{об}$ – масса обогащенного материала, кг; $m_{исх}$ – масса исходного продукта, кг.

Для обогащения песка, гравия, щебня широко применяют простейший вид классификации – промывку, при которой существенно повышается качество строительных материалов за счет удаления в слив с промывочной водой загрязняющих примесей – ила, глинистых частиц, органических веществ.

При производстве высокомарочных бетонов применяют обогащенный и классифицированный песок, получаемый на классификаторах различных конструкций.

Камерный классификатор (рис. 3.28, а) состоит из удлиненного расширяющегося желоба, разделенного вертикальными перегородками на увеличивающиеся по объему шесть камер. В нижней конусной части каждой камеры располагается сливное отверстие, прикрытое коническим клапаном, управляемым электромагнитным устройством, которое срабатывает по командам двух датчиков, размещенных в гидростатической трубке.

Датчики настроены на определенные верхний и нижний пределы плотности пульпы в камере так, что, когда осевшие частицы повышают плотность пульпы на определенном уровне камеры до заданной величины, клапан открывается, обеспечивая слив порции и понижение плотности пульпы; это позволяет закрыть клапан, т.е. классификатор работает в автоматическом режиме.

Исходную пульпу в классификатор подают по лотку, который опирается на стойку. По трубопроводам в камеры снизу поступает вода, которая не может помешать осаждению частиц со скоростью осаждения, превышающей скорость восходящего потока, а более легкие частицы уносит в следующие камеры. Слив поступает в желоб и удаляется через отверстие, а фракционированный песок отводят по рукавам и используют (рис. 3.28, а).

Для промывки песка применяют конусные, реечные, спиральные, дренажные, чашевые классификаторы, гидроциклоны и другие устройства.

Конусный классификатор (рис. 3.28, б) состоит из конического корпуса с кольцевым сливным лотком, патрубком, разгрузочной сифонной трубкой и загрузочного устройства с лотком, приемником, трубой и решеткой.

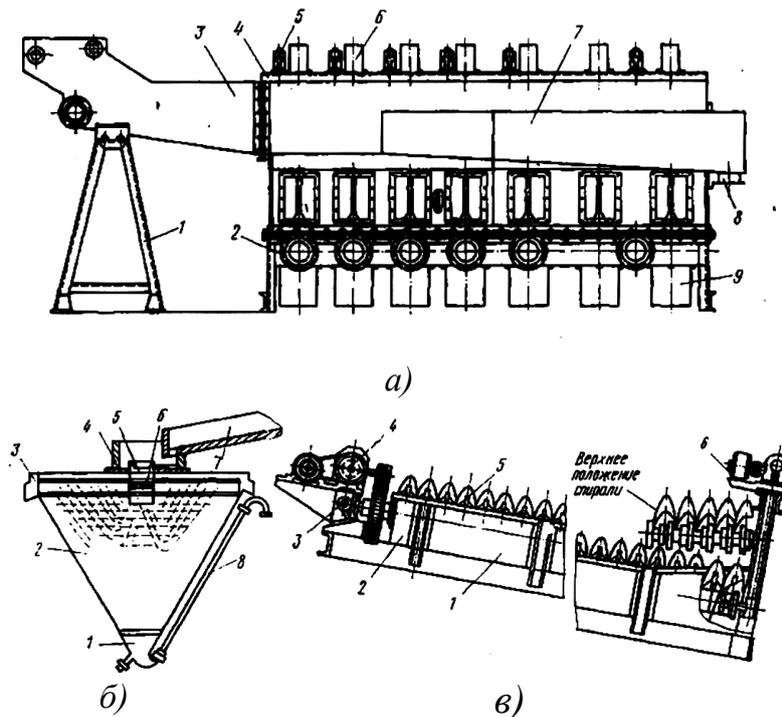


Рис. 3.28. Гидравлические классификаторы: а – камерный: 1 – стойка; 2 – трубопроводы; 3 – лоток; 4, 7 – желоб; 5 – гидростатическая трубка; 6 – электромагнитное устройство; 8 – отверстие; 9 – рукава; б – конусный: 1 – патрубок; 2 – конический корпус; 3 – кольцевой сливной лоток; 4 – приемник; 5 – трубка; 6 – решетка; 7 – загрузочное устройство с лотком; 8 – разгрузочное устройство с сифонной трубкой; в – спиральный: 1 – наклонное корыто; 2 – разгрузочный лоток; 3 – шарнирная опора; 4 – привод; 5 – вал с двухзаходной ленточной спиралью; 6 – подъемный механизм

Песок промывается жидкостью, оседает и удаляется с частью воды по сифонной трубке, а загрязнявший песок илистые и органические примеси переливаются вместе с водой через кромку конуса и отводятся по лотку.

Спиральный классификатор (рис. 3.28, в) состоит из наклонного корыта, вала с двухзаходной ленточной спиралью и приводом, подъемного механизма для установки спирали в различных положениях поворотом вокруг шарнирной опоры. Пульпа непрерывно подается в корыто и перемешивается лопастями. Загрязняющие примеси с водой сливаются через торцовый борт, а осевший песок продвигается лопастями по наклонному днищу, обезвоживается на участке, который

возвышается над уровнем пульпы, и сбрасывается на разгрузочный лоток. При диаметре спиралей от 300 до 1000 мм суточная производительность одновальных классификаторов – от 6 до 190 т (по сливу) и от 25 до 465 (по пескам), а двухвальных – до 1100 т (по сливу) и до 18500 (по пескам).

Подобно спиральному классификатору, в *речном и дражном классификаторах* песок промывают также в корыте с наклонным днищем, но перемешивают пульпу и продвигают осевший песок или рейки, укрепленные на подвижной раме, или скребки, приводимые в движение двумя параллельными шарнирно-пластинчатыми цепями. В *чашевом* классификаторе пульпу перемешивают гребки, вращающиеся над слегка конусным днищем чаши с разгрузочным отверстием в центре.

Прямоточный гидравлический классификатор (рис. 3.29, а) предназначен для разделения песка и песчано-гравийной смеси по граничному зерну в пределах от 0,5 до 3 мм. Пульпу под давлением до 0,3 МН/м² подают по трубе через расширяющийся патрубок в осадительную камеру, в которой скорость потока снижается настолько, что уносится и отводится по трубе лишь мелкая фракция, а крупная, превышающая размер граничного зерна, осаждается и поступает в классификационную камеру. В эту камеру вместе с крупными зернами может осесть и некоторое количество мелких, поэтому в кольцевой коллектор по трубе подают чистую воду, часть которой, двигаясь вверх, уносит мелкие частицы в осадительную камеру. Остальная вода используется для гидротранспортирования крупной фракции по трубе. Спиральные лопатки придают восходящему потоку вращательное движение, что облегчает отделение и осаждение крупной фракции. В осадительной камере установлен регулируемый по высоте отбойный щиток. Пять типоразмеров прямоточных гидравлических классификаторов (диаметр осадительной камеры от 910 до 2910 мм) обеспечивают производительность по исходной гидросмеси от 100 до 1600 м³/ч, а по исходному продукту – от 20 до 300 м³/ч при эффективности классификации от 85 до 95 % и граничном зерне в 1,2 мм.

Гидравлические циклоны используют для классификации по крупности частиц с размерами 10 – 500 мкм, для которых разделение под действием только гравитационных сил становится неэффектив-

ным, требуется использовать центробежные силы инерции. Гидроциклон сборный (рис. 3.29, б) состоит из литых конических секций с разгрузочным патрубком и из цилиндрического корпуса с касательным подводным патрубком, центральной трубой и отводящим патрубком. В подводном патрубке направляющая втулка с сужающимся каналом значительно увеличивает скорость потока в циклоне и способствует более интенсивному выделению частиц материала из потока под действием центробежных сил. Гидроциклоны тонкостенной сварной конструкции (рис. 3.29, в) для предотвращения износа корпуса футеруют каменным литьем или резиной. Гидроциклоны с диаметром корпуса от 75 до 1000 мм, с углом конусности 20° и сечением питающего отверстия от 10×30 до 20×140 мм обеспечивают производительность от 3,6 до $600 \text{ м}^3/\text{ч}$.

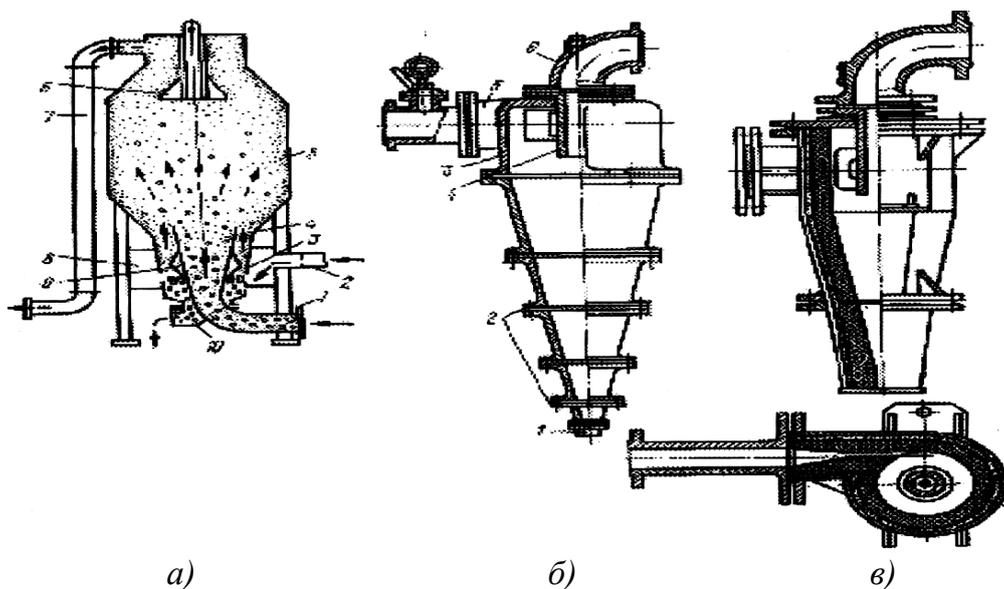


Рис. 3.29. Гидравлические классификаторы: а – прямоточный: 1, 2, 7, 10 – трубы; 3 – классификационная камера; 4 – патрубок; 5 – осадительная камера; 6 – отбойный щиток; 8 – кольцевой коллектор; 9 – спиральные лопатки; б – сборный циклонный: 1 – отверстие; 2 – конические секции; 3 – цилиндрический корпус; 4 – центральная труба; 5 – подводный патрубок; 6 – отводящий патрубок; 7 – разгрузочный патрубок; в – гидроциклон сварной футерованный

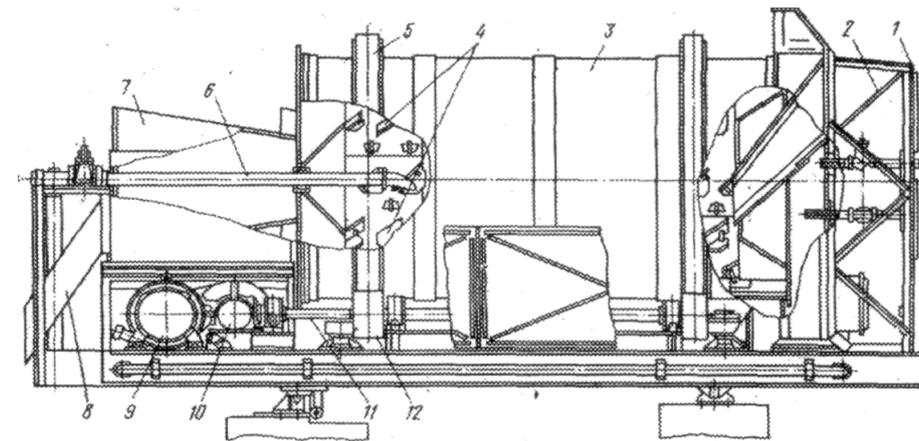
Гравиемочные машины (прямоточные и противоточные барабаны, барабанные моечно-сортировочные грохоты, лопастные гравие-

мойки и др.) используют для обогащения гравия, удаляя загрязняющие примеси со сливной водой.

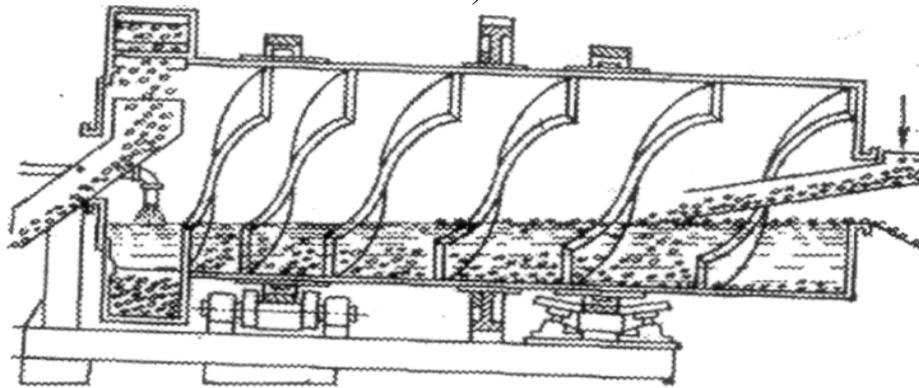
Гравиемоечный барабан (рис. 3.30, а) состоит из фундаментной рамы с опорными металлоконструкциями, загрузочным лотком и разгрузочным лотком, из барабана с лопастями, бандажами и разгрузочным конусом, водоподводящей трубы, опорных и приводных роликов, вращающихся от электродвигателя через редуктор и вал. Материал, загружаемый во вращающийся барабан, перелопачивается и продвигается лопастями, промывается, попадает в разгрузочный конус, а примеси удаляются с промывочной водой. Аналогично работает противоточный гравиемоечный барабан с внутренними спиральными лопастями (рис. 3.30, б).

Корытная лопастная мойка (рис. 3.30, в) служит для промывки сильно загрязненного гравия, известняка, руд и других материалов, требующих интенсивной механической оттирки примесей от основного материала. Мойка состоит из наклонного металлического корыта с двумя валами, вращающимися навстречу друг другу от электродвигателя через клиноременную передачу, редуктор и пару цилиндрических зубчатых колес. На валах закреплены лопасти, которые перелопачивают материал и продвигают его вверх по наклонному днищу к разгрузочному отверстию, а загрязняющие примеси сливаются вместе с водой через пониженные кромки бортов. Воду подают по трубам. При промывке материала крупностью до 100 мм, длине корыта 7000 мм, диаметре лопастей 1200 мм и угле наклона корыта 10° производительность мойки 125 т/ч.

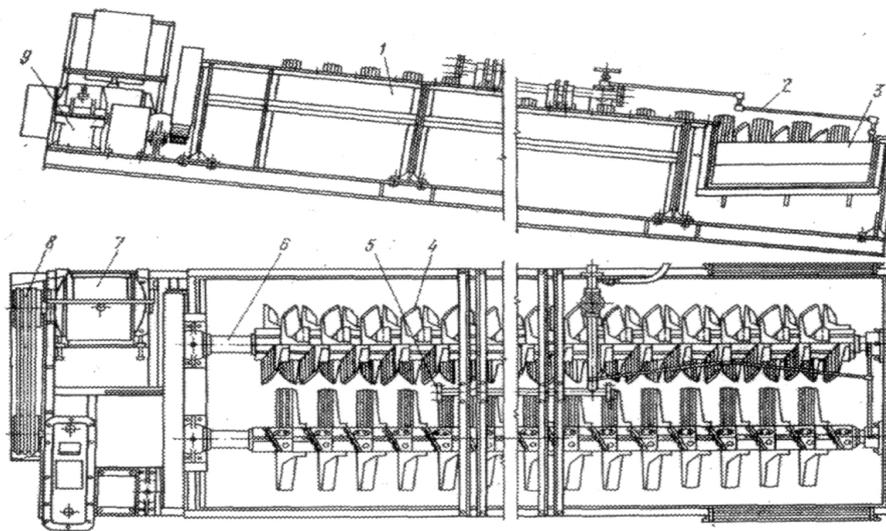
Флотационный метод обогащения основан на различной смачиваемости пород жидкостями. Если на плоской горизонтальной поверхности материала поместить каплю жидкости, то в зависимости от степени смачиваемости породы, сечение капли будет иметь различные очертания, а на границе трех сред (твердой, жидкой, газообразной) касательная к поверхности капли образует с горизонтальной плоскостью угол, величина которого характеризует степень смачиваемости (чем больше степень смачиваемости, тем больше угол).



а)



б)



в)

Рис. 3.30. Гравиметрические машины: а, б – барабанные: 1 – опорные металлоконструкции; 2 – загрузочный лоток; 3 – барабан; 4 – лопасти; 5 – бандаж; 6 – водоподводящая труба; 7 – разгрузочный конус; 8 – разгрузочный лоток; 9 – электродвигатель; 10 – редуктор; 11 – вал; 12 – опорные и приводные ролики; в – двухвальная лопастная: 1 – наклонное металлическое корыто; 2, 5 – трубы; 3 – борта; 4 – лопасти; 6 – валы; 7 – электродвигатели; 8 – клиноременная передача; 9 – редуктор

Если основная порода (песок) хорошо смачивается, а вредные примеси (глина, органические частицы) смачиваются плохо или, наоборот, частицы полезного материала смачиваются хуже частиц примесей, их можно разделить флотационным методом. Для этого предварительно измельченный материал подают в камеру в виде пульпы и интенсивно перемешивают при одновременном засасывании в жидкость воздуха. Тогда к плохо смачиваемым частицам пристаут пузырьки воздуха, частицы всплывают на поверхность пульпы, образуя минерализованную пену, а хорошо смачиваемые частицы остаются в жидкости и с ней поступают в осадительные устройства. Для лучшего отделения примесей к жидкости добавляют различные реагенты – пенообразователи (сырое сульфатное мыло и др.), понизители твердости (кальцинированную соду). В зимнее время воду подогревают.

Флотационным методом в промышленности строительных материалов обогащают, например, песок, предназначенный для получения высококачественного стекла.

Электромагнитные сепараторы

Принцип действия магнитных сепараторов основан на различии действия магнитного поля на частицы, обладающие и не обладающие магнитными свойствами. Применяют электромагнитную сортировку для того, чтобы удалить из потока материала, поступающего на переработку, металлические предметы, которые могут вызвать поломку машин, чтобы удалить мелкие частицы железа и железосодержащие минералы, которые загрязняют сырье и снижают качество готовых изделий.

При обогащении железных руд с малым содержанием железа удаляют пустую породу. Для магнитной сортировки и обогащения применяют электромагнитные сепараторы сухого и мокрого, непрерывного и периодического действия, а для повышения их эффективности используют индукционные датчики и электронную усилительную аппаратуру.

Электромагнитный сепаратор для кусковых материалов крупностью более 5 мм представляет собой ленточный конвейер (рис. 3.31, а) с лентой, надетой на приводной и натяжной барабаны. В пазах приводного барабана уложены пластины трансформаторной стали с навитыми на них катушками, подключенными через осевой канал вала и контактные кольца к источнику постоянного тока. Благодаря этому между полюсами электромагнитов образуется сильное магнитное поле. Материал, не обладающий магнитными свойствами, свободно сыпается с барабана и по лотку направляется в перерабатывающие машины, а стальные предметы и материал, содержащий железо, попадая в зону действия магнитного поля, притягиваются к ленте, огибают с нею электромагнитный приводной барабан и падают в бункер. При ширине ленты 500 мм и мощности двигателя привода 1 кВт производительность сепаратора – 16 м³/ч.

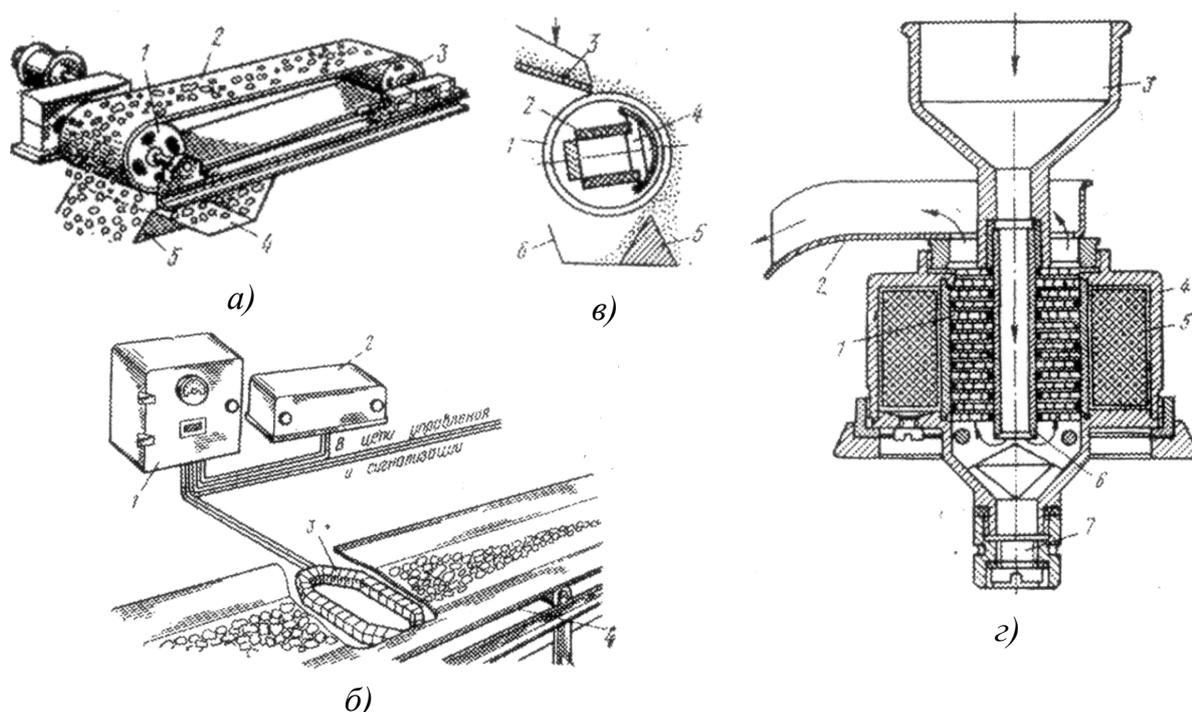


Рис. 3.31. Электромагнитные сепараторы: а – барабанный для кусковых материалов: 1 – приводной барабан; 2 – лента; 3 – натяжной барабан; 4 – бункер; 5 – лоток; б – с электронным металлоискателем: 1 – электронный блок; 2 – магнитный пускатель; 3 – рамка-датчик; 4 – лента конвейера; в – барабанный для порошковых материалов: 1 – полый барабан; 2 – электромагнит; 3 – вибропитатель; 4 – разноименные полюсы; 5 – лоток; 6 – сборник; 7 – фильтр-сепаратор для жидких масс: 1 – решетчатые полюсы; 2 – сливной лоток; 3 – воронка; 4 – корпус; 5 – кольцевой электромагнит; 6 – трубка; 7 – пробка

Для улавливания случайных металлических предметов невыгодно ставить электромагниты большой мощности, а при малой мощности могут не удалиться стальные предметы, лежащие на поверхности слоя материала, или предметы из слабомагнитных и немагнитных металлов. Значительно эффективнее работает такой сепаратор с электронным металлоискателем (рис. 3.31, б). При прохождении металлического предмета над рамкой-датчиком, размещенным под лентой конвейера, индуктивность датчика изменяется, сигнал воспринимается и усиливается электронным блоком и при помощи реле и магнитного пускателя включается мощное электромагнитное устройство, улавливающее магнитный предмет. При немагнитных металлах отключается привод ленточного конвейера или срабатывает устройство, удаляющее посторонний предмет механическим путем.

Барабанный электромагнитный сепаратор для магнитной очистки порошкообразных материалов (рис. 3.31, в) состоит из полового барабана, выполненного из немагнитных металлов (латунь, алюминий) или пластмассы. Внутри барабана неподвижно укреплен электромагнит так, что его разноименные полюсы чередуются и образуют магнитное поле большой плотности в той части вращающейся поверхности барабана, на которую вибропитатель тонким слоем подает материал. Магнитные частицы поступают в сборник, а остальной материал направляется лотком на конвейер. *Электромагнитный фильтр-сепаратор* (рис. 3.31, г) с концентрированным магнитным полем применяют для магнитной очистки жидких керамических масс. Сепаратор состоит из корпуса, кольцевого электромагнита с решетчатыми полюсами, воронки, трубки и сливного лотка. Жидкий материал заливают в воронку, он проходит по направлению, указанному стрелками, а металлические частички притягиваются и удерживаются полюсами. Периодически подачу материала прекращают, выключают ток, вывинчивают пробку и промывают полюса электромагнита проточной водой.

Контрольные вопросы

1. Что называется измельчением? Охарактеризуйте процесс.
2. Назовите способы измельчения.

3. Назовите виды измельчения материала.
4. Для какого вида дробления используют щековые и валковые дробилки?
5. Каковы достоинства конусных дробилок ?
6. Каковы недостатки молотковых дробилок ?
7. Для каких целей применяют дисмембраторы? Назовите их достоинства.
8. Что представляют собой бегуны и на чем основано их действие?
9. Принцип работы струйных мельниц.
10. Принцип работы коллоидных мельниц.
11. Перечислите виды грохотов.

Раздел 4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДОЗИРОВАНИЯ И СМЕШИВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

4.1. Бункеры и силосы, питатели и дозаторы

Бункеры и силосы

Бункеры изготавливают преимущественно стальные, силосы могут быть стальные или железобетонные и их используют для хранения и подачи на транспортные средства насыпных грузов. Силосы применяют для хранения сыпучих материалов, например, цемента, используемого в производстве.

Бункеры применяют в установках трех типов: аккумулирующих, уравнивательных и технологических. Аккумулирующие установки служат для хранения насыпных материалов и снабжены устройствами для загрузки, выгрузки и измерения массы материала.

Уравнивательные установки являются промежуточными емкостями для насыпных материалов и обеспечивают стабильную подачу материала при совмещении непрерывного и периодического транспортирования. Технологические установки служат для временного хранения промежуточных продуктов производства.

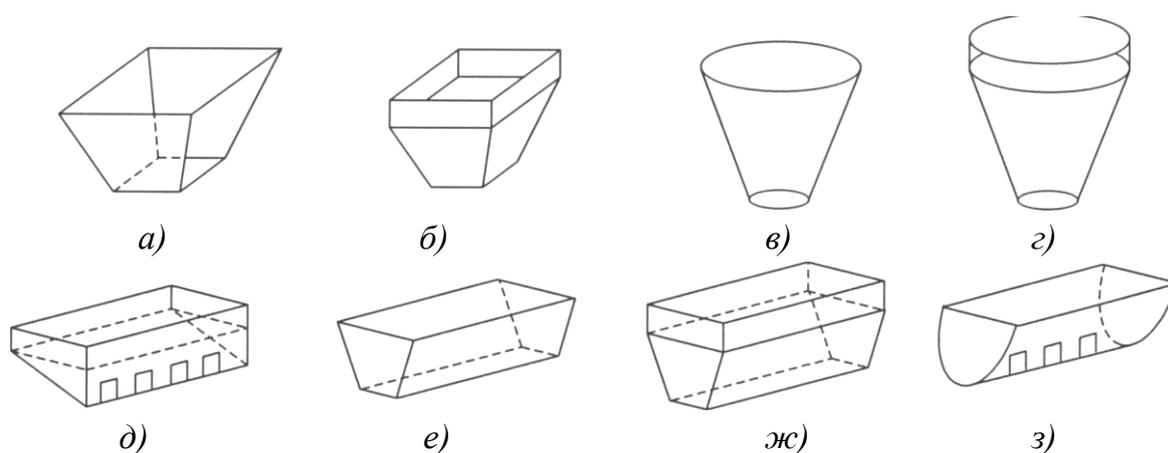
По форме бункеры делятся на прямоугольные, круглые и корытообразные. Прямоугольные имеют форму перевернутой усеченной пирамиды, в верхней части бункер может иметь вертикальные стенки. Круглые имеют вид конуса или конуса, совмещенного в верхней части с цилиндром. Корытообразные бункеры могут иметь форму трапеции, треугольной призмы, параболического корыта и т.п. (рисунок).

Прямоугольные бункеры могут иметь одно или два разгрузочных устройства – выпускные отверстия или трубы, размещенные в центре или сбоку бункера. Угол наклона стенок определяется в зависимости от характеристик материала.

Корытообразные бункеры с одним выпускным отверстием в виде щели, расположенным по всей длине бункера, называются щелевыми.

Разгрузка щелевых бункеров может быть свободной (гравитационной) или механической. Бункеры с механической разгрузкой снабжают питателями, равномерно выдающими материал.

Щелевые бункеры со свободной разгрузкой для регулирования процесса выгрузки и снижения нагрузки на конвейер снабжают под щелевым отверстием поперечными наклонными пластинами (колосниками). Такие бункеры применяют, например, для регулирования подачи на конвейеры составляющих при производстве комбикормов.



Основные виды бункеров и силосов: а – прямоугольные пирамидальные; б – прямоугольные призмопирамидальные; в – круглые конические; г – круглые цилиндрические; д – корытообразные треугольные; е – корытообразные трапециевидальные; ж, з – корытообразные параболические

Материал из бункеров выгружают преимущественно гравитационно. В случае, когда возможно образование заторов, применяют вибраторы или механические выгрузатели. Последние представляют собой нож, сметающий материал с поддона щелевого бункера на приемный стол ленточного конвейера.

Бункеры изготавливают преимущественно из металла. Такие бункеры легче и дешевле, их изготавливают в заводских условиях и затем устанавливают на месте эксплуатации. Они достаточно долговечны при хранении сухих материалов, легко ремонтируются. Недостаток – при хранении влажного материала внутренняя поверхность корродирует, затрудняя высыпание материала. В ряде случаев бункеры изготавливают из железобетона, например для спуска кускового камня в камнедробилки.

Бункеры могут быть открытыми и закрытыми в верхней части. Открытые бункеры применяют для несмерзающихся материалов, не боящихся влаги, например для щебня. Материал в открытые бункеры подают либо погрузочно-разгрузочными машинами, либо ленточными или скребковыми конвейерами. Закрытые бункеры применяют для хранения цемента, песка, мелкофракционных химических веществ и других материалов, боящихся влаги или смерзающихся. Материал в них подают закрытыми транспортерами или пневмотранспортом.

Силосы строят преимущественно из железобетона – сборного или монолитного. Основная часть силоса обычно представляет собой железобетонный или стальной цилиндр. Нижняя коническая часть силосов чаще бывает металлической для установки затворов и дозаторов. В ряде случаев силосы устраивают металлические, например для хранения сухих компонентов пива на заводах силосы делают из нержавеющей стали.

Одна из проблем строительства бункеров и силосов – обеспечение свободного истечения материала, особенно щебня, угля и других кусковых и мелкокусковых материалов. Одна из причин ухудшения истечения – образование сводов над выпускным отверстием, причем они могут образовываться не только из кусковых материалов, но и из мелкофракционных материалов, обладающих связностью. Для предупреждения образования сводов бункеры с нормальным истечением целесообразно применять только для кусковых химически стабильных материалов – щебня, угля и т.д. Бункера со сплошным истечением рекомендуются для спекающихся или смерзающихся материалов. При выпуске материал перемешивается, поэтому выпускную воронку таких бункеров можно использовать как смеситель.

Для кусковых плохо сыпучих грузов применяют выпускные гиперболические воронки, которые предупреждают сводообразование и повышают пропускную способность бункера. В них вертикальное давление уменьшается с увеличением глубины и стремится к некоторому постоянному значению, которое не так высоко, чтобы вызвать уплотнение материала.

Для устранения сводообразования связных насыпных материалов гидравлический радиус выпускного отверстия бункера должен пре-

вышать гидравлический радиус наибольшего сводаобразующего отверстия.

Истечение сыпучих грузов из бункеров бывает нормальное, сплошное и гидравлическое. При нормальном истечении частицы находятся в движении лишь в зоне столба материала, расположенного над выпускным отверстием бункера, создает воронку. Материал вдоль стенок бункера создает застойные зоны, в которых частицы неподвижны до тех пор, пока их не захватит воронка. Угол наклона конуса воронки примерно равен углу естественного откоса, вокруг центрального канала частицы неподвижны.

Нормальное истечение происходит в бункерах, в которых угол наклона стенок к горизонтали вблизи выпускного отверстия составляет 45 ... 50°.

При сплошном истечении все частицы материала в бункере находятся в движении. В этом случае нет четко выраженной воронки. Такое истечение позволяет выравнивать поток материала, поступающего в бункер неравномерно. Такой характер имеет истечение в бункерах с углом наклона стенок 70 ... 80°. В заполненном бункере с открытием выпускного отверстия нормальное истечение перерастает в сплошное при расширении зоны движущихся частиц, образуя так называемый объем обрушения.

Винтовые конвейеры

Винтовые конвейеры применяют для транспортирования на расстояние до 40 м в горизонтальном, наклонном и вертикальном направлениях сыпучих, порошкообразных (пылевидных), мелкокусковых и тестообразных грузов. Их производительность обычно не превышает 100 т/ч, основное достоинство – герметичность перемещения грузов. Однако они потребляют относительно много энергии, износ кожуха (желоба) машины и винта (лопастного вала) интенсивен. В зависимости от вида перемещаемого груза применяют различные разновидности лопастного вала. Грузы сыпучие и порошкообразные, не склонные к слеживанию, транспортируются валами со сплошной винтовой лентой (полностенные).

Слеживающиеся грузы перемещаются ленточными винтами, вин-

товая лента крепится к валу на кронштейнах. Лопастные валы (с отдельно расположенными лопастями) применяются для переноса тестообразных грузов. Мелкокусковые материалы транспортируются фасонными валами с фасонной лентой.

Конвейеры загружают через отверстия в верхней части желоба, разгружают – через нижние отверстия. Наполнение желоба материалом составляет 0,125 – 0,4 его диаметра в зависимости от типа груза. Диаметр желоба 0,1 – 0,8 м.

Питатели

Питателями называют машины, равномерно подающие материал на транспортирующие установки, в дозирующие устройства и в перерабатывающие машины, что позволяет повысить их производительность, механизировать и автоматизировать процессы производства.

Классификация. По назначению питатели подразделяют на питатели для кусковых и сыпучих материалов, для жидких масс и жидкостей и для штучных изделий (детали и заготовки подаются на обработку, сборку, упаковку).

По характеру движения рабочего органа питатели бывают с поступательным движением (ленточные, пластинчатые, цепные), колебательным движением (вибрационные, лотковые, плунжерные) и с непрерывным вращательным движением (дисковые, винтовые, барабанные, секторные, щелевые, ковшовые).

По способу установки питатели бывают стационарные и передвижные; опорные, устанавливаемые на фундаментах, и подвесные, прикрепляемые непосредственно к бункеру или обслуживаемой машине.

По способу регулирования производительности питатели подразделяют на питатели с регулируемым приводом (число оборотов вала, частота и размах колебаний), с изменяемым уровнем материала, с изменяемым положением заслонок, скребков и т.п., а также с комбинированным регулированием. Функции питателей могут выполнять устройства непрерывного транспортирования и грохоты, однако чаще

применяют специальные машины. Параметры питателей регламентированы ГОСТами.

Ленточные питатели служат для равномерной подачи сыпучих и мелкокусковых материалов (с крупностью кусков до 50 мм) в перерабатывающие машины или на транспортирующие устройства. Ленточный питатель представляет собой короткий ленточный конвейер, установленный непосредственно под бункером так, что прорезиненная лента является днищем разгрузочного патрубка или наклонной точки бункера и при движении выносит материал, проходящий через проем в передней стенке бункера, прикрытый заслонкой.

Поднимая или опуская заслонку, механизмом регулируют высоту слоя материала на ленте питателя, а следовательно, и его производительность. Рабочая ветвь ленты питателя опирается на поддерживающие ролики и приводится в движение приводным барабаном от электродвигателя через редуктор. Ленту натягивают винтовым натяжным устройством. Все узлы питателя монтируют на сварной станине.

Количество материала, выдаваемое питателем за одно качание, регулируют заслонкой, которую поднимают или опускают винтовым устройством. Сдвоенный лотковый питатель состоит из привода с ролико-эксцентриковым механизмом станины с опорными рельсами и роликами, лотка, который опирается на ролики и совершает возвратно-поступательные движения. Материал из загрузочной воронки ложится на лоток и при его движении попеременно ссыпается через пересыпные воронки на ленточные конвейеры или в перерабатывающие машины. Размах качаний лотка, а следовательно, и производительность питателя регулируют эксцентриситетом механизма привода, поворачивая внешний эксцентрик на внутренний. При эксцентриситетах e_1 и e_2 можно получить любое значение рабочего эксцентриситета e от $e_{\min} = e_1 - e_2$ до $e_{\max} = e_1 + e_2$. Лотковый питатель с электровибрационным приводом состоит из лотка и электромагнитного вибратора. Питатель подвешивают на пружинных амортизаторах так, чтобы лоток располагался под бункером и имел небольшой уклон в сторону движения материала.

Широко распространены питатели с вращательным движением рабочего органа. Вращательное движение по сравнению с возвратно-

поступательным отличается плавностью, отсутствием больших динамических нагрузок, требует менее сложного привода. К ним относятся тарельчатые, винтовые, секторные и ковшовые питатели. Тарельчатые (дисковые) питатели применяют для непрерывной регулируемой подачи сыпучих и мелкокусковых материалов с предельным размером кусков до 150 мм в перерабатывающие машины. Тарельчатый питатель состоит из станины, диска, привода с электродвигателем, клиноременной передачей и червячным редуктором, сбрасывающего скребка с регулировочным устройством и патрона, надетого на разгрузочный патрубок бункера. Диск снаружи охватывает кожух с разгрузочной течкой. Для предотвращения пыления кожух закрывают крышкой. Положение патрона над диском регулируют винтовым устройством. Сыпучий материал свободно высыпается из бункера на диск и располагается на нем под углом естественного откоса в виде усеченного конуса, наибольшие размеры которого зависят от радиуса патрона и высоты слоя материала. При вращении диска скребок сбрасывает набегавший на него материал в течку, а из патрона на диск поступает новый. Таким образом, за один оборот диска скребок сбрасывает объем материала, который можно определить как разность между объемом усеченного конуса и объемом цилиндра.

Дозаторы

Дозаторами называют машины и устройства, обеспечивающие непрерывную или цикличную подачу материала в заданных по объему или весу количествах. Дозаторами управляют вручную, дистанционно и автоматически. От точности дозирования компонентов зависит процентный состав сложных сырьевых смесей и качество готовой продукции. В промышленности строительных материалов дозаторы применяют в производстве керамики и огнеупоров, бетона и железобетона, стекла, теплоизоляционных и других материалов.

Объемные дозаторы по сравнению с весовыми проще, но при дозировании сыпучих материалов менее точны.

Объемные дозаторы цикличного действия представляют собой мерные емкости, снабженные специальными устройствами, которые

облегчают загрузку материала и его выгрузку, регулируют размер порции. В производстве бетона и на заводах железобетонных изделий дозируют такие разнородные компоненты, как песок, щебень, цемент и воду. Простейшим циклическим объемным дозатором для песка и щебня (инертных заполнителей) может служить мерный сосуд, который состоит из нижней емкости, вставленной в нее и закрепленной болтами верхней емкости, загрузочного секторного затвора, перекрывающего загрузочный патрубок и управляемого тягой и рычагом, разгрузочного клапанного затвора с рычагами управления. Объем порции регулируют положением верхней емкости относительно нижней.

Объемное дозирование воды осуществляют автоматическими дозаторами турбинного типа с дистанционным управлением, которые заменяют применявшиеся ранее дозирочные бачки с поплавковыми ограничителями наполнения. Принцип действия такого дозатора заключается в том, что поток воды проходит через индукционный датчик, в корпус которого вмонтирована турбинка водомера. На лопастях турбинки, изготовленных из немагнитного материала, укреплены стальные пластинки, воздействующие на магнитную систему стакана. Взаимодействие пластины с магнитом вызывает импульс, улавливаемый прибором пульта. При совпадении числа импульсов с заданным их количеством устройство автоматически прекращает подачу воды в накопительный бачок и выдает порцию по назначению.

Число оборотов турбинки пропорционально количеству прошедшей через нее воды, а параметры турбинки подобраны так, что каждому импульсу соответствует 1 л воды. Переключатели пульта позволяют установить любую дозу от 1 до 400 л через каждый литр.

Объемные дозаторы непрерывного действия. Для объемного дозирования компонентов сложной шихты или массы применяют питатели различных типов, каждый из которых настраивают на производительность, соответствующую рецепту, выраженному в объемных процентах. Материал от каждого питателя поступает на сборный ленточный конвейер и направляется, например, в смеситель непрерывного действия.

Дополнительные устройства позволяют дозировать два-три компонента одним питателем. Так, на керамических заводах для непре-

рывного объемного дозирования глины и выгорающих добавок применяют ящичный подаватель, который состоит из пластинчатого питателя с установленным над ним ящиком с заслонками. Днищем ящика служит пластинчатая лента, при движении которой материал захватывается и уносится из отсеков ящика слоями. Толщина каждого слоя зависит от высоты подъема заслонок и должна соответствовать процентному соотношению компонентов в массе по заданному рецепту.

Ящичный подаватель служит для грубого дозирования большого количества материала. Если необходимо ввести в массу небольшое количество добавок, применяют питатели с более точной регулировкой производительности (винтовые, тарельчатые).

На заводах с непрерывным процессом производства воду дозируют при помощи пробкового крана с калиброванными отверстиями в сочетании с устройствами, обеспечивающими постоянное давление, – бачками постоянного уровня, центробежными насосами с мембранно-рычажными регулирующими клапанами или плунжерными насосами.

Плунжерный насос-дозатор состоит из сдвоенного плунжерного насоса с цилиндрами и рычагами, электродвигателя мощностью 1,7 кВт, цепного пластинчатого вариатора, позволяющего с пульта плавно изменять число ходов плунжеров от 0,23 до 1,41 в секунду, червячного редуктора с двойным кривошипным валом и станины.

На автоматизированных заводах, выпускающих товарный бетон для строительства, и в бетоносмесительных цехах заводов железобетонных изделий широко применяют весовые дозаторы циклического и непрерывного действия, которые по сравнению с объемными дозаторами обеспечивают более высокую точность дозирования ($\pm 2\%$ для цемента и жидкостей и $\pm 3\%$ для песка и щебня), работают в автоматическом и полуавтоматическом режимах и допускают быструю переналадку на новый рецепт массы. Систему автоматического управления дозатором устанавливают в весовом шкафу или на циферблатном указателе.

Весовые дозаторы циклического действия бывают однофракционными, например для цемента, и двухфракционными – для инертных

заполнителей и жидкостей. Применение двухфракционных дозаторов, у которых в один весовой бункер последовательно отвешивают два вида материала, позволяет сократить количество дозаторов и упростить схему их компоновки, хотя конструкция таких дозаторов несколько усложняется.

Автоматический дозатор АВДИ-425 для инертных материалов состоит из весового бункера, подвешенного к рычагам весовой системы и закрытого снизу затвором с рычагами и пневмоцилиндром, из загрузочных устройств с затворами и пневмоцилиндрами и из циферблатного указателя с механизмом взвешивания и механизмом автоматического управления. Циферблатный указатель опирается на балку, а весь дозатор подвешен к опорной раме.

Циферблатный указатель в корпусе имеет рамку с осью и стрелкой, которая перемещается по шкале при повороте оси шестерней, находящейся в зацеплении с зубчатой рейкой механизма взвешивания.

Весовой дозатор через рычажную систему воздействует на тягу, проходящую через масляный затвор и соединенную с траверсой, которая нижними стальными лентами поворачивает рычаги и соединенные с ними грузы, а также рычаги, подвешенные на верхних гибких стальных лентах. При этом мостик, соединяющий рычаги, несколько поднимается и поворачивает стрелку зубчатой рейкой. Увеличивающийся момент от веса материала в дозаторе уравнивается возрастающим моментом отклоняющихся грузов механизма взвешивания.

Внутри корпуса циферблатного указателя возле его съемной задней стенки смонтирован механизм автоматического управления, позволяющий дистанционно (с пульта) взвешивать до шести различных заранее установленных порций материала.

Весовые дозаторы непрерывного действия применяют для весового дозирования отдельных компонентов сложной шихты или массы при непрерывном процессе производства и большой производительности, например на бетонных установках и заводах производительностью 30, 60 мг/ч и более, а также на автоматизированных установках периодического действия, выдающих бетонную смесь разнообразных, произвольно чередующихся марок.

Классификация

По количеству агрегатов дозаторы непрерывного действия бывают одноагрегатными и двухагрегатными; по способу регулирования производительности – с изменяемым сечением потока материала, изменяемой скоростью движения ленты, изменяемой интенсивностью подачи материала на ленту и комбинированные; по конструктивным особенностям связей датчика и регулятора – с механической, электрической и электронной связью, с вибрационным и барабанным питателями.

Одноагрегатный дозатор с изменяемым сечением потока материала и механической связью имеет ленточный питатель, роликовый датчик, рычажную систему, заслонку, весовую опору рамы питателя, расположенную по оси бункера, и привод ленты питателя.

Аналогичный дозатор, но с электрической связью датчика и регулятора имеет питатель, заслонку, ее привод, блок усиления сигнала датчика.

Одноагрегатный дозатор с изменяемой скоростью движения ленты и электронной системой регулирования имеет питатель, датчик, усилитель, командоаппарат, изменяющий передаточное отношение вариатора, который находится в схеме привода между двигателем и редуктором.

Двухагрегатный дозатор с изменяемой интенсивностью подачи материала на ленту оснащен дополнительным вибрлотковым питателем, выдающим материал из бункера при включении электромагнитного вибратора. В зависимости от веса материала на ленте датчик посылает сигнал через электронный усилитель в устройство, которое изменяет параметры тока электромагнитов вибратора, а следовательно, и амплитуду его колебаний.

Комбинированный двухагрегатный дозатор имеет устройства для изменения и автоматического поддержания в заданных пределах как скорости движения ленты питателя, так и интенсивности подачи материала барабанным питателем из бункера.

Одноагрегатные весовые дозаторы проще, а двухагрегатные обеспечивают большую производительность при сохранении высокой точности дозирования.

Одноагрегатный весовой дозатор для инертных заполнителей (песка, щебня) состоит из рамы ленточного питателя, привода и подвижной заслонки, регулирующей толщину слоя материала на ленте. Широкая прорезиненная лента надета на натяжной и приводной барабаны и приводится в движение от электропитателя через пластинчатый вариатор, редуктор и цепную передачу. Рама подвешена к бункеру на тягах так, что опорные призмы располагаются в плоскости, проходящей через центр разгрузочного отверстия бункера, и изменение высоты столба материала в бункере не влияет на равновесие рамы.

На боковых стенках бункера шарнирно укреплены рычаги с заслонкой, положение которой определяет толщину слоя материала на ленте. Равновесие при заданной толщине слоя достигается фиксированием грузов на коромыслах.

При увеличении толщины слоя материала питатель наклоняется и рычагами опускает заслонку, что ведет к уменьшению толщины слоя, и равновесие восстанавливается. Производительность дозатора зависит от скорости ленты, которая приводится в движение от электродвигателя через вариатор, редуктор и цепную передачу, включаемую муфтой. Скорость ленты регулируют, изменяя передаточное отношение вариатора при помощи электродвигателя через червячный редуктор, цепную передачу и винт, имеющий участок с правой и левой резьбой.

Общий вид дозатора дает представление о компоновке его основных узлов. Производительность дозаторов рассчитывают по формулам производительности соответствующих питателей.

4.2. Смесители для сухих материалов

При изготовлении различных видов строительных материалов шихта (смесь), как правило, подбирается из различных компонентов. Качество готовых изделий во многом зависит от тщательности подготовки сырья, его однородности во всех частях по минералогическому и зерновому составу и влажности. Химические реакции в массах

сложного состава протекают тем интенсивнее и полнее, чем равномернее распределены в общем объеме отдельные компоненты и чем больше поверхность их контакта.

Смесители для перемешивания порошкообразных масс могут быть как непрерывного, так и циклического (периодического) действия. К их числу относятся одновальные и двухвальные лопастные смесители непрерывного действия (прямоточные или противоточные); смесительные бегуны, смесители с Z-образными валами, смесители принудительного перемешивания планетарного противоточного действия. Машины этой группы работают циклично.

В машинах первого типа (с принудительным перемешиванием) материал готовится:

а) в смесительном корыте при помощи принудительного перелопачивания лопастями (одновальные и двухвальные смесители, растворосмесительные машины и т.д.);

б) во вращающемся смесительном барабане при одновременном встречном вращении лопастей (планетарные смесители, бетоносмесительные машины с принудительным перемешиванием и т.д.).

В машинах второго типа (гравитационных) материалы смешивают во вращающемся барабане, на внутренней поверхности которого укреплены лопасти. При вращении барабана лопасти несколько раз поднимают и сбрасывают вниз материалы, составляющие смесь, тем самым перемешивая их. Эти машины применяют для приготовления смесей с крупными заполнителями, так как при наличии в материалах смеси крупных кусков (зерен) лопасти, вращающиеся в неподвижном барабане (корыте), быстро изнашиваются, а нередко и ломаются. Представителями машин этого типа являются бетоносмесители циклического действия с наклоняющимся барабаном и бетоносмесители непрерывного действия с горизонтально установленным барабаном.

Для перемешивания различных порошковых масс, например при производстве керамических изделий по методу сухого прессования, при производстве силикатных изделий, при подготовке шихты на стекольных производствах и т.д., широко применяются одновальные и двухвальные лопастные смесители непрерывного действия.

Одновальный смеситель используют для перемешивания сухих,

предварительно измельчённых компонентов с последующим транспортированием их в другой смеситель, где однородная по составу смесь увлажняется. Смесители данного типа применяют в случаях, когда различные материалы из нескольких бункеров и дозирующих аппаратов необходимо тщательно перемешать и подавать для дальнейшей обработки (например, в установке для приготовления капсульной массы в производстве облицовочных плиток).

Смеситель состоит из металлического корыта, в котором установлен вал с винтовыми лопастями. Размолотая глина и каолин перемешиваются с мелким и крупным шамотом, поступающим из отдельных бункеров. Вал смесителя приводится во вращение от электродвигателя через ременную или цепную передачу и далее через зубчатую передачу.

Одновальный смеситель непрерывного действия предназначен для перемешивания сухих порошков. В мешалки этого типа может быть добавлена вода, тогда сначала смесь перемешивается всухую, а затем увлажняется водой. В последних моделях привод осуществляется непосредственно от электродвигателя через редуктор. Рассматриваемый одновальный смеситель используется также и для перемешивания пластичных материалов. Одновальные смесители этого типа вытесняются двухвальными смесителями.

Двухвальный смеситель непрерывного действия предназначен как для сухого перемешивания глины при полусухом производстве керамических изделий, так и при пластичном формовании изделий.

Двухвальный смеситель представляет собой металлический корытообразный корпус, в котором установлены два вращающихся навстречу друг другу вала с закрепленными на них по винтовой линии лопастями. Вращение валам передается от электродвигателя через фрикционную муфту, редуктор и зубчатую передачу. Лопасти установлены по винтовой линии под углом к плоскости, перпендикулярной оси вала. Лопасти на валу крепят так, что можно менять угол их установки. При увеличении угла наклона увеличивается шаг винтовой линии и вследствие этого скорость продвижения массы повышается. Очевидно, что при этом увеличивается производительность смесителя, однако качество перемешивания снижается.

Уменьшение угла наклона приводит к обратным результатам: удлиняется срок пребывания массы в смесителе, уменьшается производительность, но улучшается качество перемешивания. Оптимальный угол установки лопастей в каждом конкретном случае должен подбираться для обеспечения относительно высокой производительности при высоком качестве перемешивания.

Для увлажнения порошковой массы над смесителем устанавливают водопроводные трубы с мелкими отверстиями в них, через которые тонкими струями подается вода.

Наиболее эффективным методом увлажнения является пароувлажнение масс (как при сухом, так и пластичном способах производства). При пароувлажнении масса прогревается, что повышает качество изделий при последующей обработке. Глина увлажняется насыщенным паром низкого давления, который прогревает массу и затем, конденсируясь, увлажняет ее.

В смесителях с паробогревом днище корпуса состоит из стальных листов, чешуйчатое расположение которых обеспечивает проход пара к массе. В нижней части корпуса приварены конденсационные цилиндры. Пар подводится по трубе. Для уменьшения потерь тепла нижняя часть корпуса защищена термоизоляционным кожухом, заполненным минеральной ватой. Верх корпуса закрывается крышкой.

В случае необходимости дополнительного увлажнения вода может подаваться по трубе. Масса подается через загрузочный люк, а отводится через разгрузочный. Во избежание быстрого износа рекомендуется внутреннюю поверхность корпуса футеровать сменными накладками.

Двухвальный противоточный смеситель применяют в случаях, когда требуется особо тщательно перемешивать массу. Лопасты на валу этих смесителей устанавливают с таким расчетом, чтобы они, перемешивая, продвигали массу по направлению к разгрузочному люку. Вследствие того, что вал вращается с более высоким числом оборотов, чем приводной, смешиваемая масса движется возвратно-поступательно, при этом обеспечивается высокое качество перемешивания.

Привод смесителя осуществляется от электродвигателя через ременную передачу или редуктор, при этом вращение быстроходному валу передается от тихоходного через зубчатую передачу.

Смесители периодического действия представляют собой двухвальный лопастный смеситель с Z-образными лопастями, состоит из корыта и двух коленчатых валов, связанных зубчатой передачей и вращающихся в корыте навстречу друг другу. Корыто обшито броней из стальных листов. Привод смесителя состоит из электродвигателя и редуктора. Муфтой он соединяется с одним из смесительных валов. Сбоку смесителя установлено устройство, с помощью которого поворачивается корыто мешалки при ее разгрузке. Части агрегата смонтированы на раме из швеллеров. Машины этого типа, подобно непрерывно действующим смесителям, применяют как для сухого смешивания порошкообразных материалов, так и для увлажнения. По окончании перемешивания корыто смесителя поворачивается и из него высыпается масса.

Профиль корыта и форма смесительных коленчатых валов подобраны таким образом, что весь материал интенсивно перемешивается.

Недостатки описанных смесителей – периодический цикл работы и связанная с этим небольшая производительность при высокой металлоемкости и значительном расходе рабочей силы на обслуживание. Кроме того, при увлажнении тонкокерамических масс образуются комки с повышенной влажностью, вследствие чего масса получается не вполне однородной.

Продолжительность смешивания устанавливается обычно в пределах 20 – 30 мин в зависимости от требуемой однородности массы, а время, затрачиваемое на загрузку и разгрузку смесителей, определяется степенью механизации и другими местными условиями. Противоточный бегунково-лопастный смеситель применяют для приготовления керамических масс при сухом смешении, для смешения порошкообразных масс с последующим увлажнением, как, например, в производстве штампованного изоляционного фарфора, облицовочных плиток и ковровой мозаики. Бегунковые смесители изготавливаются трех типов: с тремя перемешивающими лопастями, с двумя лопастями и двумя кат-

ками. В производстве керамических масс с высоким содержанием глины и каолина, например для штамповки изоляционного фарфора, облицовочных плиток, где нужно получить массу без комков, равномерно увлажнённую и с минимальным содержанием воздуха, целесообразно использовать смеситель с двумя катками (бегунками) и двумя лопастями. Рабочие органы смесителя – катки и лопасти – закреплены на вращающихся крестовинах, оси которых расположены эксцентрично по отношению к оси тарелки, вращающейся в противоположном направлении. Таким образом обеспечивается большая скорость перемещения лопаток и бегунков относительно смешиваемой массы. Эксцентричное расположение осей тарелки и перемешивающего механизма даёт довольно сложные траектории движения рабочих органов, многократно пересекающиеся и обеспечивающие интенсивное перемешивание материала.

Кроме вращающихся лопастей в мешалке расположены неподвижные лопасти, подающие материал к лопастям и каткам при вращении тарелки.

Эксцентричное расположение осей ротора относительно центра вращения тарелки способствует интенсивному перемешиванию материала.

Бегунковые смесители являются машинами периодического действия. Материал загружается в бункер, а затем на вращающуюся тарелку мешалки в установленном количестве с помощью скипового подъемника – ковша, который перемещается по направляющим и опрокидывается в загрузочный бункер. Смеситель приводится в действие электродвигателем через редуктор. По окончании смешивания с помощью рукоятки открывается отверстие в центре тарелки и масса высыпается в воронку транспортного устройства или аппарата для последующей ее обработки. Для того чтобы устранить пыль, неизбежно выделяющуюся при работе быстроходного смесителя, весь его механизм закрывают герметическим кожухом с патрубком для присоединения к аспирационной системе. Загрузочный ковш поднимается вверх канатной лебедкой, приводимой в движение от общего электродвигателя мешалки при включении промежуточной передачи.

Смесители емкостью до 250 л снабжены одним смесительным механизмом, а емкостью 500 л и выше – двумя. Механизмы сдвоенного смесителя приводятся в движение от электродвигателя через шкив или редуктор, общий вал и конические зубчатые передачи и рукояткой открывают разгрузочный люк. Производительность бегунковых смесителей определяется их емкостью и продолжительностью смешивания. Перемешивание сухих материалов длится около двух-трех мин, а перемешивание с последующим увлажнением (водой или глинистым шликером) – четыре-пять мин. Таким образом, в зависимости от требований к однородности массы полный цикл при двойном (сухом и мокрым) смешивании продолжается от 6 до 8 мин. Приводимые в каталогах данные о часовой производительности мешалок необходимо уточнять в соответствии с установленным для данной массы циклом смешивания и временем на загрузку и разгрузку мешалки.

При увлажнении и смешивании керамических порошкообразных материалов равномерная влажность массы, разрушение в ней комков и ускорение процесса обеспечиваются не только интенсивной работой смесителя, но и хорошим распылением подаваемой в нее влаги. Лучше всего воду распыляют форсунки, при этом влага распределяется в массе более равномерно и устраняется возможность появления комков.

4.3. Смесители для пластичных и жидких масс

Для пластичных и жидких масс после достижения однородности весьма важно сохранить ее и предотвратить расслаивание смеси, что также осуществляется путем ее непрерывного перемешивания.

Вяжущие вещества (цемент, известь, гипс) и вода являются активными составляющими. Именно в результате их химического взаимодействия получается искусственный камень. Очевидно, для того чтобы качество камня было высоким, необходимо, чтобы частицы вяжущего были равномерно увлажнены и обволакивали частицы заполнителя.

Применяют смесители для перемешивания жидких масс (шлама,

шликера, глазурей, жидких керамических масс, асбестоцементной массы, гипсовой массы). Смесители данной группы бывают как непрерывного, так и циклического действия. К числу этих машин относятся крановые, шламовые и грабельные мешалки непрерывного действия; пропеллерные, планетарные, грабельные, лопастные мешалки периодического действия.

Существуют смесители для приготовления пластичных материалов (растворов, бетонных смесей, керамических масс). Эти машины бывают как непрерывного, так и циклического действия. Смесители этого типа по способу перемешивания материалов подразделяются на машины как с принудительным перемешиванием, так и с перемешиванием при свободном падении материалов.

Гипсосмеситель непрерывного действия применяют при производстве гипсовой сухой штукатурки. В нем одновременно гипс насыщается водой и тщательно перемешивается, непрерывно выдавая готовую массу.

Гипсосмеситель состоит из следующих основных частей: корпуса, рамы, механизма подъема крышки и тетки для подачи гипса. Корпус смесителя – сварной конструкции, с наружной стороны приварены бобышки, служащие для крепления рычагов, прижимающих крышку и днище к корпусу. В корпус вставлено литое алюминиевое кольцо. В центре расположен вертикальный пустотелый вал, вращающийся в двух опорах. Крышка смесителя, выполненная из листовой резины, с наружной стороны усилена угольником в форме кольца, к которому приварены две проушины, служащие для присоединения к подъемному механизму. В средней части крышки закреплен резиновый рукав конической формы. Верхняя часть рукава закрепляется хомутом на корпусе верхнего подшипника мешалки. К рукаву приклепан загруженный патрубок из листовой резины. В нижней части вала закреплены четыре лопасти из нержавеющей стали, на концах которых расположены лопатки для перемешивания раствора. Над лопастями находится диск для равномерного распределения сухого гипса по рабочей полости смесителя. Внутри пустотелого вала смесителя помещена труба с вырезами в нижней части. В нижнем конце вала имеются два отверстия. Первые отверстия сообщаются с полостью, расположенной

над лопастями, а вторые отверстия – с полостью под лопастями. В верхний открытый конец вала через сальник входит патрубок, служащий для подачи воды. Гипсовое тесто выходит через патрубок. Гипсовое тесто готовится следующим образом. Вода, подаваемая через центральный патрубок, попадает в полый вал смесителя и по центральной трубе, вставленной внутри вала, подводится к отверстиям в нижней части вала. При выходе из отверстий вода разбрызгивается в полости смесителя над и под лопастями, где встречается с поступающим через загрузочное устройство сухим гипсом, разбрасываемым вращающимся диском. При вращении лопастей с лопатками вода и гипс интенсивно перемешиваются. Готовое гипсовое тесто выливается непрерывным потоком на ленту конвейера. Производительность гипсосмесителя – до 10 т/ч. Установочная мощность электродвигателя – до 28 кВт.

Лопастной гипсосмеситель применяют при производстве гипсовых блоков. Гипсосмеситель состоит из корпуса, вала с лопастями, приемника гипсовой массы, привода и устройства для подачи воды. Корпус смесителя представляет собой основание с крышкой, соединенных шарнирами. Крышка закрепляется откидными болтами. В ней смонтирован приемник гипсовой массы, а в основании корпуса – патрубок для выпуска гипсового теста в формы карусельной машины. Внутри корпус облицован листовой нержавеющей сталью. Вал с лопастями установлен на двух подшипниках. Лопасти, изготовленные из нержавеющей стали, крепятся винтами к коромыслам из латуни, жестко закрепленным на валу смесителя. Для очистки вала от гипсового теста служат два очистительных кольца. Вал смесителя приводится в движение от электродвигателя через клиноременную передачу. В приемнике устанавливается пустотелое кольцо, на его внутренней стенке вырезана щель, через которую по всей окружности подается вода, смачивающая гипс до поступления его в смеситель.

Центробежный смеситель широко применяется в промышленности пластических масс. Материал из бункера поступает во вращающийся вместе с валом конус. Масса, находящаяся в конусе, при его значительной окружной скорости принимает форму параболоида вращения и, пересыпаясь через края конуса, попадает в пространство между корпусом и конусом. При этом масса пересекает зону, захва-

тываемую лопастями, свободно подвешенными на крышке корпуса. Вращающийся в конусе материал передает часть своей кинетической энергии лопастям, которые при этом начинают вращаться с угловой скоростью, значительно меньшей, чем угловая скорость материала.

Угловая скорость лопастей снижается также при помощи тормозного устройства, размещенного на крышке смесителя. Таким образом, в кольцевом пространстве за счет разности окружных скоростей лопастей и материала обеспечивается интенсивное перемешивание. Часть опускающегося вниз материала возвращается через специальные окна в конус. Смесь выгружается через патрубок на днище аппарата. Кратность циркуляции материала регулируется скоростью вращения приводного вала и торможением подвесной мешалки.

Кроме описанных выше аппаратов для смешения материала, в которых этот процесс происходит при непосредственном воздействии на перемешиваемый материал различного рода механизмов, начинают применять смесители, в которых использована кинетическая энергия воздуха или инертных газов. Такие смесители работают по принципу создания «кипящего слоя» или псевдооживленного слоя порошкообразных материалов, широко применяемых в промышленности для проведения различных физико-химических процессов. Для перевода порошковых материалов в псевдооживленное состояние необходимо через их слои, лежащие на перфорированном днище аппарата, пропускать воздух (газ) в направлении снизу вверх.

Контрольные вопросы

1. Для каких целей применяют бункеры и силосы ?
2. Какие формы бункеров предпочтительны ?
3. Виды дозаторов, их классификация.
4. Виды смесителей.

Раздел 5. ОБОРУДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

5.1. Оборудование для заготовки арматуры

Основная операция при заготовке арматуры из прутковой стали – резка на стержни заданной длины; при этом остается большое количество отходов стали в виде немерных обрезков. В связи с тем что сварной стык в арматуре является равнопрочным и может располагаться в любом месте арматурного стержня в изделии, рекомендуется применять непрерывную стыковую сварку прутков и резку на стержни заданной длины. При этом полностью исключаются отходы арматурной стали. На линии заготовки арматурных стержней последовательно устанавливают стыковую сварочную машину и приводной отрезной станок таким образом, чтобы ось электродов сварочной машины совпадала с линией резания на станке. Очередной пруток сваривают с остатком, от которого только что отрезана заготовка заданной длины. Далее плетель продвигается на приемном столе (в виде рольганга) до упора, устанавливаемого в соответствии с заданной длиной заготовки, и от плетели отрезается очередная заготовка. Metallургические заводы начинают поставлять прутки мерной длины, соответствующей длине стержня арматуры; в этом случае отпадает необходимость в стыковке и резке арматурной прутковой стали. В ряде случаев предварительной операцией при заготовке арматурных стержней является выпрямление и чистка прутков.

Правка и резка арматурной стали. Операции по размотке, выпрямлению и резке арматурной стали выполняют на правильно-отрезных станках-автоматах. Наибольшее распространение получили правильно-отрезные станки СМ-758 и СМ-759 с дисковыми ножами для резки стали и станки новых моделей ИО-33А и ИО-35В, снабженные качающимися гильотинными ножами, которые обеспечивают более точные размеры прутков. Для выпрямления проволоку, сматыва-

емую с мотка, протягивают через быстровращающийся правильный барабан (1100 об/мин), при этом проволока проходит через отверстия в радиально поставленных плашках. Отверстия в плашках смещены относительно оси вращения барабана так, что проволока при вращении барабана принимает форму волны с определенной амплитудой, регулируемой подвинчиванием плашек на ту или иную величину в зависимости от диаметра протягиваемой проволоки и ее упругости. При поочередном изгибе быстровращающейся проволоки в различных направлениях с одновременным ее подтягиванием через плашки правильного барабана она выпрямляется и тщательно очищается до блеска. Выпрямленная и очищенная проволока при помощи качающегося ножа, приводимого в действие автоматически, разрезается на прутки заданной длины в пределах от 1 до 9 м. Скорость подачи и правки проволоки составляет в среднем 30 м/мин. Арматурную сталь диаметром более 14 мм, поступающую в прутки, режут на специальных станках с ножами гильотинного типа.

5.2. Оборудование для виброуплотнения бетонной смеси

На заводском производстве бетонных и железобетонных изделий применяют разнообразные по показателям подвижности и жесткости бетонные смеси; соответственно, различны методы формования изделий, средства и режимы уплотнения бетонной смеси при формовании. Методы формования изделий и средства уплотнения бетонной смеси при всем их многообразии можно разделить на несколько групп.

1. Формование методом литья, при котором форма хорошо заполняется бетонной смесью под действием веса смеси без применения внешних силовых воздействий. По окончании заливки формы требуется лишь выровнить верхнюю открытую поверхность изделия или срезать излишки смеси вровень с краями формы. В отдельных случаях может потребоваться небольшая проработка смеси ручной штыковкой в углах формы или местах скопления арматуры. Методы литья применяют для формования изделий из весьма подвижных (литых,

текучих) смесей, главным образом ячеистых. Формование литьем значительно упрощает процесс и удешевляет его, однако не дает возможности полностью использовать цементирующую способность вяжущих, несмотря на их большой расход.

2. Формование с применением в качестве основного средства уплотнения виброобработки смеси для приведения ее в состояние пластично-вязкого течения. Смесь легко растекается в форме и заполняет ее, плотно укладываясь под действием собственного веса. Этот метод применим главным образом для смесей малоподвижных, а также умеренно жестких, т.е. обладающих явно выраженными свойствами тиксотропного разжижения при сравнительно небольшой интенсивности и длительности виброобработки. Параметры виброобработки определяются показателями подвижности или жесткости бетонной смеси. Короткая по длительности и легкая вибрация при укладке малоподвижных смесей служит скорее средством механизации и ускорения процесса формования, нежели уплотнения. Вибрационное формование может быть применено и для более жестких смесей, в которых состояние тиксотропного разжижения достигается при интенсивном и длительном вибрационном воздействии.

3. Формование с использованием виброобработки в сочетании с давлением относительно небольшой величины, одновременно прикладываемым к уплотняемой бетонной смеси. Такие методы пригодны для формования изделий из жестких бетонных смесей, характеризующихся слабым тиксотропным разжижением и нуждающихся в некотором принудительном уплотнении давлением. Вибрация, увеличивая подвижность бетонной смеси, позволяет применить небольшое давление извне, которое не гасит колебаний частиц вибрируемой смеси. К таким методам относятся формование виброштампованием, вибротрамбованием, силовой вибропрокат и др.

Абсолютные значения величин вибрационного и компрессионного воздействия на бетон и соотношение этих величин меняются в зависимости от изменения показателя жесткости смеси; однако основным и решающим воздействием для придания смеси необходимой удобоукладываемости является интенсивная виброобработка.

4. Формование с принудительным уплотнением бетонной смеси прессованием, укаткой, трамбованием. В эту же группу методов следует отнести так называемый набивной способ формования, при котором частицам смеси при укладке в форму или нанесении их на формующую поверхность сообщается большая живая сила благодаря большой скорости их подачи. Эти методы применяют для весьма жестких, малосвязных, вплоть до рыхло-сыпучих смесей, не обладающих свойствами тиксотропного разжижения и поэтому нуждающихся в принудительном перемещении частиц для наиболее компактного размещения их в форме.

Использование весьма жестких бетонных смесей с малым начальным содержанием воды, при надлежащем их уплотнении, позволяет получить бетон повышенной плотности, прочности и долговечности, однако требует значительных затрат механической энергии и машинного времени на формование изделий.

5. Методы формования, обеспечивающие получение весьма плотных бетонов из малоподвижных и подвижных смесей с повышенным начальным содержанием воды; некоторое избыточное количество воды удаляется из смеси в процессе ее уплотнения.

К таким методам относятся:

– вибропрессование, при котором смесь сначала вибрируется для хорошего заполнения формы, и затем, после отключения вибрации, свежеуложенный бетон прессуют;

– центробежное формование с уплотнением смеси под действием центробежного ускорения;

– вибровакуумирование с отжатием избытка воды после укладки смеси за счет разности давления атмосферного и разреженного.

Большинство из применяемых для формования изделий бетонных смесей нуждается в уплотнении. В результате перехода ко все более жестким смесям, уменьшения начального водосодержания роль вибрационного воздействия при формовании изделий неизменно уменьшается, а внешнего силового воздействия – возрастает. Для особо жестких смесей вибрационное воздействие исключается или играет вспомогательную роль, например используется для предварительной укладки и распределения смеси в форме. С уменьшением начального

водосодержания повышается эффект принудительного уплотнения, однако это связано с повышением затрат механической энергии, машинного времени и трудоемкости формования. При этом получается более устойчивая структура по сравнению с начальной. При вибрировании смеси более компактно размещаются зерна заполнителя, хорошо заполняется межзерновое пространство цементного теста и раствора, одновременно вытесняются пузырьки воздуха; возможно отделение небольшого количества свободной воды на поверхности уплотненной бетонной смеси.

Существуют различные приемы вибрирования бетонных смесей в зависимости от способа передачи колебаний от их источника (вибратора) к бетону, а именно:

а) бетонная смесь вибрируется вместе с формой, установленной на виброплощадке;

б) колебания передаются бетонной смеси через относительно гибкие элементы вертикальных форм (боковые стенки, днище), к которым жестко прикреплены вибраторы;

в) колебания передаются непосредственно бетону со стороны открытой верхней поверхности формируемого изделия при помощи так называемых поверхностных вибраторов с вибрирующей плитой, щитом, штампом;

г) внутренние вибраторы (вибронаконечники, вибрирующие сердечники), вводимые в бетонную смесь или заранее устанавливаемые внутри формы, вибрируют смесь.

Об эффективности виброобработки бетонной смеси при формировании изделий можно судить по достигнутой в оптимальные сроки обработки степени уплотнения бетона (коэффициент уплотнения $K_{упл}$, равный отношению фактического объемного веса уплотненной бетонной смеси к ее теоретическому объемному весу) или по прочности вибрированного бетона – функции плотности бетона при прочих равных условиях.

Не менее важным критерием качества виброобработки служит равномерность уплотнения бетона по всему сечению и объему формируемого изделия.

Для обеспечения равномерности уплотнения по всему сечению

изделия как вблизи источника колебаний, так и в наиболее отдаленной точке изделия необходимо учитывать при данной конфигурации и размерах изделия закон распространения колебаний в среде данной бетонной смеси.

Режим вибрирования бетонных смесей

Качество виброуплотнения бетонной смеси и формирования изделия в целом определяется выбранным режимом виброобработки, её интенсивностью и продолжительностью, соответствием выбранных параметров этого режима составу и свойствам бетонной смеси, а также характером, видом колебаний и формой колебательных движений, совершаемых частицами.

Параметры вынужденных колебаний и их интенсивность. Параметрами вынужденных колебаний, характеризующими интенсивность виброобработки бетонных смесей, являются (для периодических синусоидальных колебаний): амплитуда колебаний (половина величины наибольшего размаха или наибольшего перемещения частиц при каждом колебательном движении), мм, и частота колебаний (число периодов колебаний в секунду), Гц. Однако каждый из этих параметров не может служить однозначным критерием интенсивности колебаний. Такими критериями являются производные от амплитуды и частоты колебаний в виде амплитудного (наибольшего) значения скорости колебаний

$$V = A\omega = A2\pi f, \quad \text{см/с,}$$

где A – амплитуда, см; ω – угловая скорость, рад/с; f – частота колебаний, Гц либо в виде амплитудного значения ускорения, сообщаемого колеблющимся частицам:

$$f = W = A\omega^2 = A4\pi^2 f^2, \quad \text{см/с}^2.$$

Поскольку ускорение колебаний имеет ту же размерность, что и ускорение сил тяжести g ($g = 981 \text{ см/с}^2$), интенсивность вибрирования часто выражают в величинах земного ускорения g , например интенсивность, равная $4g$. Это измерение интенсивности показывает, во

сколько раз ускорение, сообщаемое частицам при вибрировании, больше земного ускорения сил тяжести, под которым находятся частицы в состоянии покоя (инерции).

На основе результатов исследований, а также производственного опыта в технологии вибрированного бетона накопился ряд рекомендаций по выбору оптимальной интенсивности виброколебаний в зависимости от свойств бетонной смеси. Используя эти рекомендации, можно для каждого выбранного значения интенсивности подобрать соответствующие значения основных параметров режима вибрирования – амплитуды и частоты колебаний. Однако это не значит, что можно варьировать этими величинами в любых пределах, следя только за тем, чтобы их совместная производная соответствовала требуемому значению интенсивности.

Для каждой бетонной смеси существуют свои оптимальные значения амплитуды и частоты колебаний, а также практически допустимые возможные пределы изменения этих значений. С повышением жесткости смеси либо с увеличением наибольшей крупности заполнителей оптимальная амплитуда колебаний должна возрастать; амплитуда вынужденных колебаний возрастает также с повышением шероховатости поверхности и угловатости формы зерен заполнителя.

Для обычных бетонных смесей со средним по крупности заполнителем амплитуды колебаний находятся примерно в пределах от 0,3 до 0,6 мм в зависимости от показателя жесткости смеси; при переходе к мелкозернистым смесям оптимальные амплитуды уменьшаются и находятся в пределах от 0,15 до 0,4 мм. С повышением амплитуды колебаний, при неизменной их частоте, увеличивается интенсивность колебаний и отсюда, как правило, необходимое для виброуплотнения смеси время виброобработки сокращается. Однако, как указывалось выше, существует предел возможного повышения величины амплитуды для каждой бетонной смеси; так, увеличение амплитуды для мелкозернистых смесей из-за нарушения гармоничности колебаний может вместо уплотнения смеси привести к ее разрыхлению (особенно в верхних слоях изделия небольшой толщины).

Повышение величины амплитуды сверх рекомендуемых выше значений как для крупнозернистых, так и для мелкозернистых смесей может быть эффективно использовано при наличии некоторого дополнительного давления (пригруза) на уплотняемую бетонную смесь.

Повысить интенсивность колебаний можно также за счет увеличения их частоты (в показатель интенсивности частота входит в третьей степени, а амплитуды – во второй). Повышать частоту особенно целесообразно для мелкозернистых бетонных смесей. Частота колебаний для обычных бетонных смесей находится, как правило, в пределах от 45 – 50 до 80 – 100 Гц (что соответствует частоте от 2800 – 3000 до 4000 – 6000 кол/мин).

Высокочастотное вибрирование, под которым понимается частота более 100 Гц, хотя и не имеет сколько-нибудь заметного преимущества в повышении прочности бетона по сравнению с прочностью, достигаемой при обычных частотах (при условии одинаково хорошего уплотнения бетонов и в том и в другом случаях), однако позволяет повысить производительность вибраторов и виброустановок, а также улучшать внешний вид и качество поверхности изделий. Вибрирование объясняется более быстрым и полным тиксотропным разжижением и увеличением радиуса действия вибраторов с повышенной частотой колебаний (уменьшается коэффициент затухания колебаний); прочность – тем, что при высоких частотах не происходит засасывания воздуха из окружающего пространства в бетонную смесь. Возможности повышения частоты колебаний практически ограничены вследствие того, что с повышением частоты колебаний резко возрастает вибрация оснований рабочих мест, соприкасающихся с вибрирующими частями формовочной установки, и особенно значительно повышается уровень производственного шума. Кроме того, с повышением частоты колебаний выше 100 Гц для виброплощадок и свыше 300 Гц для переносных вибраторов глубинного действия существенно сокращаются сроки их нормальной эксплуатации.

Длительность виброобработки

Для каждой бетонной смеси при принятых параметрах вынужденных колебаний и формах колебательных движений существует своя оптимальная или критическая продолжительность вибрирования, при которой бетонная смесь уплотняется наиболее полно. При недостаточной продолжительности вибрирования наблюдается недоуплотнение бетона и значительное снижение возможной его прочности. В то же время увеличение длительности виброобработки сверх оптимума заметно не повышает плотность и, следовательно, прочность бетона; при излишне длительном вибрировании смеси, особенно невысокой жесткости, возможно даже ее некоторое расслаивание, что весьма нежелательно.

Исходным критерием для определения необходимой длительности виброобработки бетонной смеси в производственных условиях может служить показатель жесткости $J_{ст}$ данной бетонной смеси, определенный стандартным образом при помощи технического вискозиметра, установленного на лабораторной виброплощадке со стандартной интенсивностью колебаний $I_{ст}$.

Оптимальное время вибрационных воздействий на бетонные смеси. Повторное вибрирование

Эффект виброобработки при формировании изделий зависит также от времени, прошедшего с момента приготовления бетонной смеси, до вибрационного воздействия на нее. Оптимальное время вибрационных воздействий – период, когда в результате начальных процессов формирования структуры начинает заметно повышаться первоначальная вязкость бетонной смеси. Однако излишняя выдержка смеси до начала виброобработки нежелательна, так как в результате завершения процессов схватывания она потеряет тиксотропные свойства и виброобработка в этом случае может привести к необратимым нарушениям структуры бетона.

При поточном производстве выдержать бетонную смесь до ее

укладки в формы весьма затруднительно, поэтому рекомендуется во всех случаях, где это технически возможно, применять ее повторное вибрирование. Повторно вибрировать бетонную смесь нужно спустя некоторое время после укладки в период, пока она еще обладает свойствами тиксотропного разжижения. Ввиду возможного загустевания смесь в этот период повторно вибрируют более интенсивно. Иногда применяют двух – трехкратное повторное вибрирование через более короткие интервалы и в течение весьма короткого срока. Повторное вибрирование более эффективно, нежели предварительная выдержка смеси до укладки в формы. В результате повторного вибрирования достигается дополнительное и более равномерное по объему изделия уплотнение бетона, улучшаются контакты зерен заполнителя с цементным тестом и лучше используется цементирующее вещество в бетоне. Кроме того, при повторном вибрировании разрушается образующаяся в начальный период формирования структуры коагуляционная малостабильная гидроалюминатная структура цементного камня, которая позднее заменяется более стабильной мелкокристаллической структурой на основе гидросиликатных новообразований.

Эффект повторного вибрирования сказывается на увеличении конечной прочности бетона на сжатие (в среднем на 15 – 20 %), на значительном повышении плотности и водонепроницаемости бетона и, что очень важно, на ускорении твердения бетона и сокращении сроков тепловой обработки.

Вибрирование в сочетании с давлением

Метод вибрационного формования с одновременным давлением на бетонную смесь позволяет использовать более жесткие смеси, повышая эффективность уплотнения, а также применять вибрирование с повышенными амплитудами колебаний и сокращать таким образом длительность формования. Совмещая вибрирование с давлением, можно формовать изделия с профилированием верхней поверх-

ности, используя в качестве штампа вибрирующую плиту. Величина давления, прикладываемого к бетону, возрастает по мере повышения жесткости смеси, но до определенных пределов, поскольку смесь одновременно вибрируется, и создаваемая в ней компрессия не должна препятствовать свободному колебанию частиц. Вибрационное формирование с одновременным давлением на бетон осуществляется при вибрировании с пригрузом, при виброштамповании и вибротрамбовании. Сюда же относится метод, при котором вибрация и давление на бетон осуществляются не одновременно, а последовательно. Малоподвижная или умеренно жесткая (обладающая выраженными свойствами тиксотропного разжижения) смесь вибрируется для хорошего заполнения формы, а потом прессуется с удельным давлением, по величине намного большим, нежели при одновременном сочетании вибрации с давлением; при этом повышается эффект уплотнения (такой метод формирования и уплотнения именуется вибропрессованием).

Вибрирование с пригрузом

При формировании тонкостенных плитных конструкций на виброплощадках и использовании смесей повышенной жесткости уплотнение бетона в верхних слоях изделия оказывается недостаточным. Увеличение продолжительности виброобработки смеси, а также повышение амплитуды колебаний в этих случаях почти не дают положительного эффекта и даже могут привести к некоторому разрыхлению бетона в верхних слоях изделия. Недоуплотнение в верхних слоях тонких изделий может произойти из-за возникающего при интенсивной вибрации давления в смеси, направленного снизу вверх, в случае отсутствия достаточного противодействия – сверху вниз, оказываемого собственным весом бетонного слоя. Особенно это свойственно изделиям из легкого бетона на пористых заполнителях. В этих случаях необходимо применять дополнительное давление на бетон со стороны верхней открытой поверхности изделия.

Виброштампование

Виброштампование – разновидность вибрационного формования с одновременной передачей виброимпульсов и давления на смесь с открытой верхней стороны формуемого изделия через один рабочий орган – профильную или плоскую вибрирующую плиту, или виброштамп.

Виброштамп может служить не только уплотняющим, но и формообразующим элементом в том случае, если формуемому изделию со стороны его открытой поверхности требуется придать тот или иной профиль.

Существуют два способа виброштампования, при стационарном размещении вибрирующей плиты (штампа) относительно формы с бетонной смесью и свободном ее опускании под действием собственного веса и дополнительного давления вслед за оседанием бетонной смеси по мере ее уплотнения; при непрерывном перемещении виброплиты относительно формы по мере ее заполнения бетонной смесью (метод скользящего формования). При горизонтальном размещении формы виброштамп скользит по верхней грани формуемого изделия, причем положение штампа фиксировано по вертикали относительно верхней кромки (или днища) формы. Эффективное виброуплотнение жесткой бетонной смеси и выштамповывание заданного профиля изделия достигается дополнительным давлением на бетонную смесь, которое создается под действием собственного веса штампа и активного (механического или пружинного) давления на него. Давление это полностью воспринимается бетонной смесью, поскольку она находится в замкнутом пространстве, ограниченном днищем, боковыми стенками формы и скользящей виброплитой штампа.

В зависимости от формы рабочей части вибрирующей плиты – плоской или профильной – можно получать изделия с плоской верхней гранью (в положении формования) или с выштампованным профилем – ребристые, кессонные, с оконтуренными ребрами, а также с криволинейной выпуклой или вогнутой поверхностью. В этом случае сущность виброштампования заключается в том, что вибри-

рующий штамп, установленный на уложенную в форму бетонную смесь, разжижает ее под действием собственного веса или дополнительного давления, погружается в смесь, выштамповывая необходимый профиль изделия. Разжиженная бетонная смесь в соответствии с законом Паскаля вытесняется виброштампом из тех мест формы, где предусмотрено углубление, и перемещается туда, где должны быть образованы выступающие части изделия, таким образом смесь в форме перераспределяется.

При виброштамповании различают три стадии:

1) начальное уплотнение (сближение частиц рыхло насыпанной смеси в результате ее виброобработки за счет удаления из нее воздушных включений и замещения их твердыми частицами смеси);

2) малые взаимные смещения частиц (смесь приобретает свойства пластично-вязкого тела и изделие принимает заданную форму);

3) виброкомпрессионное уплотнение (происходит дальнейшее небольшое уплотнение бетона без изменения формы изделия в результате отжатия некоторого количества несвязанной воды и вытеснения вовлеченного воздуха из бетонной смеси).

Скользящее виброштампование

Вибрирующая плита штампа, перекрывающая изделие по ширине, скользит по верхнему краю бортовых стенок формы, сохраняя при этом неизменное расстояние от днища формы, равное проектной толщине изделия. Из скользящего бетоноукладчика, расположенного впереди штампа по ходу движения, бетонная смесь попадает в замкнутое с боков, сверху и снизу пространство, но поскольку уровень рыхлого слоя бетонной смеси выше толщины будущего изделия, создается подпор внутри смеси, приводящий к ее самоуплотнению. Дополнительным средством уплотнения может явиться давление на виброштамп – гравитационное от собственного веса или пригруза, а также создаваемое механическими средствами. Величина подпора зависит от разницы в уровнях выдаваемого бункером слоя рыхлой и слоя уплотненной бетонной смеси.

Вибропрессование

Сущность вибропрессования заключается в том, что хорошо уложенная в форму и равномерно уплотненная виброобработкой бетонная смесь прессуется при таком давлении, которое обеспечивает дальнейшее принудительное уплотнение в результате вытеснения или уменьшения в объеме вовлеченного в смесь воздуха и отжатия из нее некоторого количества несвязанной воды. Достигнутое обжатое состояние сохраняется в опрессованном изделии в течение некоторого времени, необходимого для достижения бетоном достаточной прочности, позволяющей фиксировать достигнутую степень его уплотнения на последующее время.

Вибрирование в данном методе используется в качестве вспомогательного средства для укладки бетонной смеси в форму для лучшего распределения растворной составляющей между зернами крупного заполнителя по всему объему формируемого изделия. Вибропрессование допускает наличие в составе бетонной смеси некоторого излишка цементного теста и растворной составляющей, поскольку при последующем прессовании некоторое количество несвязанной воды отжимается, и бетон приобретает повышенную плотность. Обычно применяемое прессующее давление находится в пределах $25 - 50 \text{ кгс/см}^2$, что в 4 – 5 раз меньше, чем при формовании изделий обычным прессованием; это делает метод вибропрессования пригодным для формования крупных изделий.

Механизм уплотнения бетона при вибропрессовании можно представить следующим образом. В свежееуложенном при помощи вибрации бетоне зерна прочного заполнителя (практически несжимаемые) передают прикладываемое давление при прессовании через прослойки цементного теста, которое, более равномерно распределяясь в межзерновом пространстве, одновременно уплотняется. Благодаря этому зерна заполнителей размещаются более компактно. Одновременно сближению твердых частиц смеси способствует уменьшение объема вовлеченного воздуха под действием давления в бетоне и пропорционально величине этого давления. Кроме того, цементное тесто уплотняется в результате отжатия из крупных капилляров части

свободной (несвязанной) воды, которая, будучи несжимаемой, перемещается по направлению градиента давления в сторону, противоположную месту его приложения. При этом необходимо, чтобы отжимаемая вода отфильтровывалась через форму. Вибропрессование наиболее широко используют при изготовлении напорных железобетонных труб методом гидропрессования.

Импульсный метод уплотнения

Импульсное уплотнение заключается в передаче бетонной смеси равномерно по всему сечению изделия частых импульсов в виде кратковременно прикладываемого давления. Импульсы создаются смещением примыкающих к бетону (на границе раздела с формой) пульсаторов, которые для этой цели каждый раз смещаются на некоторую величину (примерно 5 – 8 мм) при частоте пульсации от 10 до 30 раз в секунду. При этом пульсация воздействует непосредственно на бетонную смесь, без вовлечения в колебательный процесс формы в целом или ее элементов. Источники пульсации (пульсаторы) действуют поочередно со смещением по фазе на 90 и 180°. Под действием периодических импульсов в бетонной смеси возникает низкочастотное волновое поле со сложными формами колебательных движений, аналогичных колебаниям при поличастотном вибрировании, что придает колебаниям повышенную интенсивность. Однако в данном случае интенсивное уплотнение бетонной смеси достигается использованием только одной частоты и притом низкой (20 – 25 Гц). Импульсы для уплотнения бетонной смеси могут прикладываться снизу или с боков формируемого изделия.

А.А. Афанасьев разработал и исследовал импульсный метод вертикального формования изделий с подачей импульсов снизу при послойном бетонировании и уплотнении бетона. Опыты показали возможность эффективного уплотнения бетонной смеси на высоту от 0,9 – 1,2 до 2,5 – 3 м при длине пульсаторов соответственно от 50 до 150 мм. Для уплотнения пригодны малоподвижные и умеренно жесткие смеси с показателем жесткости 30 – 60 с. Импульсное

уплотнение целесообразно применять при формировании изделий увеличенной толщины при горизонтальном формировании или большой высоты при вертикальном формировании. При этом не только обеспечивается равномерное уплотнение бетона по толщине или высоте изделия, но и благодаря низкочастотным колебаниям и тому, что в колебательный процесс не вовлекаются тяжелые металлические формы и формообразующие элементы (виброштампы, вибронасадки), создается возможность снизить энергоемкость оборудования, а также производственный шум. Однако формирование с импульсным послойным уплотнением более продолжителен, нежели обычное вибрирование.

Прессование и трамбование

Эти методы рассчитаны на применение весьма жестких и малосвязных бетонных смесей, нуждающихся в особо интенсивном уплотнении, в результате которого может быть получен высокоплотный бетон повышенной прочности, долговечности и износостойкости.

Прессование. При прессовании принудительно перемещаются и взаимно сближаются частицы твердых компонентов бетонной смеси, в результате чего они более компактно размещаются в данном объеме бетона; при этом из смеси могут вытесняться свободная вода и воздух.

Необходимая величина прессующего давления зависит от жесткости бетонной смеси и начального содержания воды в ней, которое, как правило, должно быть небольшим. Обычно величина прессующего давления при прессовании находится в пределах 100 – 150 кгс/см.

Различают прессование:

– штамповое с приложением статического прессующего давления через штамп, перекрывающий всю площадь изделия; бетонная смесь находится в замкнутой со всех сторон форме;

– мундштучное (экструзия) с непрерывной подачей смеси в камеру с сужающимся сечением по направлению к выходному отверстию в виде мундштука, через который выходит сплошной лентой

спрессованное изделие; размеры и форма мундштучного отверстия определяют формы и размеры поперечного сечения изделия;

– при помощи катков, перемещающихся по уложенной в форму бетонной смеси (укатка, аналогично укатке при уплотнении дорожных покрытий), либо протяжкой формы с бетонной смесью под стационарно становленными валками (гладкими или профильными), вращающимися вокруг своей горизонтальной оси под действием сил трения, возникающих между ними и бетоном (силовой прокат). Такой способ прессования наиболее эффективен и сравнительно легко технически осуществим, так как прессующие усилия прикладываются не ко всей площади формуемого изделия, как при штамповом прессовании, а только к небольшой части ее вдоль образующей катка, по всей его длине, равной обычно ширине формуемого изделия. Это позволяет применять метод прессования для довольно крупных изделий, а также увеличить в необходимых случаях удельное давление катка на бетон. Однако прессование в чистом виде, без сочетания с вибрированием, нельзя считать достаточно эффективным, особенно при формировании методом штампового прессования (сразу на все изделие), так как требуется значительное прессующее давление. Например, для изделия площадью всего 1 м^2 при удельном давлении 100 кгс/см^2 потребуется пресс с усилием 1000 тс; при этом значительная часть прессового давления (около 90 %) используется не по прямому назначению, а на преодоление возникающих при прессовании сил трения внутри смеси и между бетоном и стенками формы.

Действительно, твердые частицы смеси перемещаются и взаимно сближаются до тех пор, пока внешние силы прессования не уравновесятся возрастающими по мере повышения прессового давления силами внутреннего противодействия.

Прессование наиболее эффективно при использовании мелкозернистых смесей (в них уменьшается вероятность заклинивания крупных кусков заполнителя), а также для формирования изделий небольшой толщины, при которой менее ощутима неравномерность прессующего давления по высоте; при изготовлении более толстых изделий необходимо применять послойное формирование, подавая смесь тонкими слоями. Усилия прессующего давления могут

быть снижены и условия прессования улучшены, если применять в качестве вспомогательного воздействия на смесь кратковременное ее вибрирование (не совпадающее по времени с прессованием), например предварительное кратковременное вибрирование до приложения прессующего давления с целью улучшить укладку смеси в форму.

Трамбование. В процессе трамбования бетонной смеси многократно повторяющимися ударами частицам сообщается кинетическая энергия, под действием которой зерна и куски крупного заполнителя перемещаются в направлении действия сил, внедряются в основную массу бетонной смеси и наиболее плотно укладываются в ней.

Трамбование можно условно рассматривать как мгновенно прикладываемое прессующее давление. Однако при трамбовании особо жестких смесей с повышенным содержанием крупного заполнителя своды, образовавшиеся в период, когда смесь еще не полностью уплотнена, могут заклинить куски крупного заполнителя. Образовавшиеся своды между заклинившимися кусками крупного заполнителя способны выдерживать большие нагрузки и удары. Для их ликвидации целесообразнее всего в качестве вспомогательного средства уплотнения применять кратковременное вибрирование смеси.

При трамбовании, так же как и при статическом прессовании, уплотнение передается недостаточно равномерно по высоте изделия, поэтому смесь рекомендуется трамбовать послойно при сравнительно небольшой толщине ее слоя, что влечет за собой удлинение процесса, однако позволяет, в отличие от прессования, уплотнять изделия большой толщины или высоты.

Трамбование в чистом виде применяется в заводской технологии ограниченно, главным образом при изготовлении вертикальным формованием труб и колец небольшой длины (высоты).

Вакуумирование и вибровакuumирование

Вакуумирование – это технологический прием, предназначенный для дополнительного уплотнения свежеложенной бетонной смеси, основанный на создании разности между атмосферным и понижен-

ным давлением в сообщающихся порах и капиллярах бетона. Пониженное давление порядка 75 – 85 % от полного вакуума создается разрежением в поровом пространстве слоев бетона, примыкающих к вакуум-приборам.

В результате создающегося градиента давления влага, водяной пар, воздух или паровоздушная смесь устремляются из зон с атмосферным давлением к вакуум-источнику и удаляются из бетона. Количество воды, отжатой таким образом, составляет от 10 до 20 % воды затворения. Под действием этого же градиента давления как механической силы, а также возникающих сил капиллярного обжатия бетон (по мере удаления воды из капилляров) уплотняется с замещением освободившихся пространств мелкими частицами твердых компонентов смеси.

Удаление избыточного количества свободной воды из поровых пространств бетона без соответствующего его уплотнения, без уменьшения общего объема, занимаемого сформованным изделием (хотя бы и на небольшую величину), не дает какого-либо технического эффекта. В этом отношении весьма полезно периодическое сочетание вакуумирования с вибрированием, т.е. вибровакuumирование. Вибрирование осуществляется для укладки и уплотнения бетонной смеси, и далее, уже в процессе вакуумирования сформованного изделия, вибрация включается на весьма короткий срок (один или два раза), чтобы, ликвидируя временно трение между частицами смеси, способствовать лучшему заполнению порового пространства частицами твердых ее компонентов. Вместе с тем в результате вибрирования избыточная влага из нижележащих слоев бетона, находящихся вне зоны вакуумирования, поднимается, достигает этой зоны и при продолжающемся вакуумировании извлекается из бетона. Таким образом, вибровакuumная обработка бетона способствует не только повышению его плотности, но и увеличению количества воды, отжимаемой из бетона.

Режим вакуумирования определяется достигаемой степенью разрежения в рабочем пространстве вакуум-камер, длительностью процесса и его сочетанием с вибрированием. Толщина слоя вакуумируемого бетона зависит от его структуры и глубины достигаемого разрежения. Для

плотных бетонных смесей она обычно не превышает 10 – 12 см, что вполне достаточно для тонкостенных изделий. Процесс вакуумирования длится в зависимости от толщины обрабатываемого слоя от 5 до 15 мин.

5.3. Оборудование для формования пустотелых железобетонных изделий

Тонкостенные крупноразмерные изделия (панели, плиты, пустотелые настилы) целесообразно формовать не с передачей виброимпульсов через тяжелые формы, вес которых может в 1,5 – 2 раза превосходить вес самого изделия, а с передачей виброимпульсов бетонной смеси формируемого изделия непосредственно от источника колебаний.

Виброобработка при помощи плоских или профильных вибрирующих элементов, расположенных на верхней открытой поверхности изделия, – поверхностное вибрирование, при формовании пустотелых изделий при помощи вибрирующих вкладышей (пустотообразователей) – глубинное вибрирование.

В настоящее время в связи со специализацией технологических линий на заводах широко применяют и специализированные виброформовочные машины, в которых используются более эффективные методы непосредственного вибрационного воздействия на бетонную смесь.

Специализация формовочных машин по типам, а иногда и по типоразмерам изделий позволяет формовать их на поддонах с немедленным освобождением бортовой оснастки формы, являющейся неотъемлемой частью формирующей машины, а в отдельных случаях – с полной распалубкой сразу по окончании формования.

Формовочные машины с непосредственным вибрационным воздействием на бетонную смесь могут быть разделены на два типа: машины для формования сразу всего изделия – машины и формы не перемещаются в процессе формования; машины для скользящего

формования по мере заполнения формы бетонной смесью – при этом самоходная виброформовочная машина может перемещаться относительно неподвижной формы либо скользящая форма перемещается относительно неподвижной формовочной машины. Из машин первого типа представляют интерес машины с вибрирующими вкладышами для формования пустотелых изделий и виброштампующие для формования профильных изделий; из машин второго типа – машины со скользящим виброформовочным устройством – вибронасадком (или виброштампом).

Формование пустотелых настилов на установках с вибрирующими пустотообразователями

Особенность машинного формования пустотелых конструкций, в частности пустотелых тонкостенных настилов перекрытий с продольными сквозными полостями круглого или овального сечения, заключается в немедленном по окончании формования изделия извлечении пустотообразователей и освобождении бортоснастки формы; при этом свежеформованное изделие остается на поддоне. Расформованные тонкие вертикальные стенки и надсводная часть настила толщиной 20 – 25 мм должны быть достаточно прочными и хорошо уплотненными, чтобы сохранить приданную им форму при последующем транспортировании изделий в камеры тепловой обработки. Все это требует применения умеренно жестких бетонных смесей с показателем жесткости порядка 40 – 60 с, заполнителя наибольшей крупности до 20 мм, а также достаточно интенсивной виброобработки смеси для лучшего заполнения формы и хорошего уплотнения бетона, особенно в вертикальных стенках и надсводной части настила.

Основное средство уплотнения бетонной смеси в изделии – вибрирующие вкладыши, вводимые в форму и служащие одновременно пустотообразователями. Для того чтобы лучше уплотнить верхнюю тонкую полку толщиной до 25 мм и предотвратить сдвиг бетона в полке при извлечении вкладышей, рекомендуется применять пригрузочный виброщит, который остается на отформованном изделии во время извлечения вкладышей.

Существует ряд конструкций машин для формирования пустотелых настилов. Среди них установка на базе формовочной машины СМ-563, предназначенная для формирования предварительно напряженных пустотелых настилов длиной 6 м, шириной до 1,8 м и высотой 22 см, с пустотами горизонтально-овального сечения.

Формовочная машина СМ-563В имеет траверсу в виде сварной рамы с укрепленными на ней вибровкладышами, продольные бортовые элементы, устанавливаемые на поддоне формы одновременно с введением в нее вибровкладышей пустотообразователей, нижнюю опорную раму, на которой устанавливается в позиции бетонирования поддон формы, и рельсовый путь с приводной лебедкой для перемещения траверсы с вибровкладышами к поддону формы и обратно. К опорной раме шарнирно прикреплены передний и задний торцовые борта формы, которые поворачиваются с одновременным подъемом при расформовке изделия и опускаются, устанавливаясь на место, при сборке формы. Торцовые борта при разборке и сборке формы поднимаются и опускаются с помощью траверсы во время ее перемещения.

Вибровкладыши – основной рабочий орган машины, уплотняющий бетонную смесь. Они выполнены с незначительной конусностью, облегчающей извлечение их из отформованных изделий. В полости вкладыша смонтирована система из пяти механических вибраторов в виде дебалансов, насаженных на короткие валы по всей длине вкладыша. Валы соединены между собой при помощи гибких муфт. Каждый вкладыш имеет привод от электродвигателя мощностью 4,5 кВт с числом оборотов около 2900 в минуту.

Электродвигатели укреплены на общей траверсе формовочной машины. Производительность формующей установки составляет пять-шесть настилов в час.

Процесс формирования пустотелых настилов сводится к следующему. Формоукладчик устанавливает подготовленный к бетонированию поддон на позицию формирования, после чего траверса с вибровкладышами и продольными бортами бортоснастки начинает перемещаться вдоль поддона; сборка формы заканчивается поворотом откидных торцов и установкой их на место в вертикальном положе-

нии. Далее бетоноукладчик с бетонной смесью при включенных вибраторах вибровкладышей перемещается относительно формы и укладывает в нее бетонную смесь; при обратном перемещении бетоноукладчика форма заполняется смесью до краев, и вибровкладыши интенсивно уплотняют ее. Уплотнение заканчивается после совместной работы в течение некоторого времени вибраторов вибровкладышей и пригрузочного щита. По окончании формования вибровкладыши извлекают.

Скользящее формование с уплотнением бетонной смеси вибронасадком

Один из наиболее простых способов поверхностного виброуплотнения бетона при формовании тонкостенных плоских или криволинейных плит, панелей, оболочек – уплотнение при помощи вибронасадка. Вибронасадок объединен в одном агрегате с самоходным бетоноукладчиком, при этом бетонную смесь равномерно укладывают и уплотняют одновременно, а изделия формируют постепенно, по мере загрузки смеси в форму (скользящее формование). Подобные формирующие машины с вибронасадком нашли широкое применение при изготовлении крупноразмерных плитных конструкций (машины СМ-856, С-6691, С-7151 и др.).

Формующая машина представляет собой перемещающийся вдоль формы самоходный портал, на котором установлены расходный бункер с бетонной смесью, ленточный питатель для подачи смеси в форму, рабочий орган формирующего устройства в виде вибронасадка, скользящего по верхнему краю бортов формы, а также калибрующая рейка для заглаживания верхней поверхности изделия. Вибронасадок подвешен на пружинных амортизаторах к самоходному portalу и представляет собой жесткую сварную раму из двух поперечных на всю ширину формы балок коробчатого сечения с гладкой рабочей поверхностью, обращенной к бетону. В каждой балке шириной 300 – 400 мм смонтирован приводной виброрвал с несколькими дебалансными вибраторами по длине, например С-795 с мощностью по 0,8 кВт

каждый. Вибровалы двух балок приводит в движение электродвигатель. Они соединены между собой жестким синхронизатором, обеспечивающим их синхронное вращение в противоположных направлениях, благодаря чему создаются вертикально направленные колебания. Этот тип двустороннего вибронасадка применяют в самоходных бетоноукладчиках, перемещающихся относительно неподвижной формы. Бетонную смесь укладывают и уплотняют в два-три захода при поступательном и возвратном перемещении бетоноукладчика. В случае если смесь укладывают и уплотняют стационарным бетоноукладчиком в процессе медленного перемещения формы в одном направлении вдоль поста формования, применяют стационарный вибронасадок одностороннего действия с одной вибробалкой, в которой размещены двухзальные дебалансные вибраторы с механическим синхронизатором. Бетонная смесь с ленточного питателя попадает в пространство между вибробалками насадка – в копильник на всю ширину формы. Наличие копильника с постоянным уровнем бетонной смеси в нем, превышающим уровень укладываемого слоя смеси в форме, создает некоторый подпор разжиженной под действием вибрации бетонной смеси, которая равномерно вытекает через щель копильника и хорошо заполняет форму.

Опираясь на борта формы и сохраняя в процессе бетонирования неизменным свое положение по вертикали, вибронасадок как бы подминает под себя бетонную смесь, уплотняет ее вибрацией с вертикально направленными колебаниями и при этом заглаживает поверхность изделия. Вибронасадок имеет достаточно большую амплитуду вынужденных колебаний – до 0,7 мм и может создавать, свободно опираясь на борта формы, в некоторой степени виброударный режим колебаний. Удары вибробалки насадка о металлические опорные конструкции можно смягчить, установив на участке бетонирования подрессоренное основание на пружинных амортизаторах. Применяют также плавающие вибронасадки, не опирающиеся на борта формы и не производящие при каждом колебании удары по форме.

Уплотнение при помощи одного лишь вибронасадка (без участия, например, виброплощадки) пригодно для малоподвижных

или умеренно жестких смесей, сравнительно легко переходящих под действием вибрации в разжиженное состояние, а также при формировании изделий относительно небольшой толщины – до 20 – 25 см. В тех случаях, когда смесь достаточно жесткая и нуждается в более интенсивном виброуплотнении, а также при формировании изделий с ребрами большой высоты, обращенными к днищу формы, вибронасадок используется с дополнительным уплотнением смеси, например на виброплощадке; при этом создается как бы двустороннее уплотнение. Примером такой формовочной установки для изготовления ребристых плит покрытий промышленных зданий размером 3×6 м (при высоте ребра 40 – 50 см) служит описанная ранее комплексная виброформовочная установка С-6691. К раме бетоноукладчика этой установки подвешены по обе стороны от места выдачи бетонной смеси два независимо действующих вибронасадка, образующих вместе своеобразный копильник для смеси.

Вибронасадки включаются попеременно в зависимости от направления перемещения бетоноукладчика вдоль формы, при этом бетонная смесь из копильника в форму выдается направленно под соответствующий вибронасадок. Так, при перемещении бетоноукладочной машины включаются вибраторы вибронасадка, расположенного с левой стороны по ходу машины, и под вибрирующую плиту этого насадка выдается смесь из копильника.

В каждом вибронасадке установлены двухвальные вибраторы под некоторым углом к поверхности формируемого изделия. Величины кинетического момента на дебалансах для каждого вала несколько отличаются друг от друга. В результате при включении вибраторов создаются колебания: круговые – за счет разности кинетических моментов, обеспечивающие направленную выдачу смеси из копильника под работающий вибронасадок; вертикально направленные, выполняющие основную работу уплотнения бетона, и горизонтально направленные за счет угла наклона, вызывающие скольжение вибронасадка по поверхности уплотняемого слоя бетона.

Изделия формируются следующим образом. Формующая машина после очередной загрузки бетонной смесью из раздаточного бункера

передвигается к посту формования. Копильник вибронасадка снабжен затвором в виде съемного поддона, удерживающим бетонную смесь в копильнике, когда бетоноукладчик находится вне формы. При подходе бетоноукладчика вплотную к форме поддон копильника отцепляется от вибронасадка и ложится на опорные стойки, расположенные у торца формы. По мере продвижения машины вдоль формы при первом заходе бетонная смесь выдается из бетоноукладчика, загружая нижнюю часть формы.

Как только край копильника вибронасадка доходит до противоположного конца формы, выключаются все механизмы бетоноукладчика и одновременно включается в работу виброплощадка, уплотняющая бетонную смесь к нижней части формы. Далее бетоноукладчик перемещается в обратном направлении, при этом включается в работу вибронасадок с правой стороны копильника, бетонная смесь укладывается по второму заходу и уплотняется в верхней части формируемого изделия. Заглаживающие устройства, находящиеся за правым вибронасадком, заглаживают верхний слой бетона в сформованном изделии. По мере подхода бетоноукладчика к левому краю формы вибронасадок сходит с формы и тачка копильника постепенно перекрывается плитой-поддоном, временно оставленным на столике у торца формы.

Заглаживающее устройство на бетоноукладчике состоит из двух брусьев (лыж) длиной на всю ширину формы, на которых установлены по два вибратора типа С-483. Брусья совершают возвратно-поступательное движение в поперечном к ходу машины направлении, по 60 ходов в 1 мин. Величина перемещения брусьев в каждом направлении равна 30 мм. Заглаживающие устройства размещены сзади каждого вибронасадка, совместно с которыми они включаются в работу. Помимо заглаживающих тихоходных лыж часто используют вращающийся заглаживающий валик на всю ширину изделия.

По аналогичной схеме работает комплексная виброформовочная установка 7151 при формовании ребристых покрытий промышленных зданий размером 3×12 м. В состав этой установки входит виброплощадка грузоподъемностью 24 т.

Формование изделий виброштампованием

Стационарное виброштампование

Рабочим органом виброштампа для формования профилированных сверху изделий является пуансон или группа пуансонов-формообразователей. На пуансоне жестко укреплен двухзальный вибратор с вертикально направленными колебаниями. Собственный вес штампа давит на пуансон – возникает гравитационное давление; с целью увеличения давления на бетонную смесь применяют штампы с механическим или пневматическим прижимом пуансона к бетону.

Наиболее простые конструкции виброштампов создают инерционное давление на бетон; при этом увеличивается вес колеблющейся системы вибраторов штампа и соответственно уменьшается величина амплитуды колебаний. Целесообразнее применять безынерционную подрессоренную нагрузку от штампа, передавая ее бетонной смеси через систему пружин, расположенных между пригрузочной плитой и штампом.

Штампы с безынерционным пригрузом удобны тем, что не требуют увеличения мощности вибраторов на виброштампе независимо от величины пригруза. Для того чтобы вибрация равномерно передавалась по всему сечению изделия, в том числе и в месте примыкания бетона к стенкам формы, рекомендуется устанавливать формы, в которых штампуются изделия, на упругое основание с пружинными амортизаторами. Виброштамп снабжен прижимной решетчатой плитой-рамкой для ограничения по высоте выступающих частей сформованного изделия за пределами штампа. Прижимная решетка служит ограничителем высоты ребер в процессе формования изделий. Она укреплена на раме, имеющей независимое от пуансонов вертикальное перемещение, и может устанавливаться до начала формования на заданную высоту, определяемую профилем формируемого изделия. По окончании формования в момент отрыва и первоначального подъема пуансонов прижимная решетка остается на месте и удерживает бетонную смесь в выступающих ребрах изделия, предохраняя их от разрушения.

Скользящее виброштампование

В формовочных машинах операции укладки, распределения и уплотнения бетонной смеси с одновременным профилированием верхней поверхности изделия объединены в одном агрегате и последовательно совершаются не на всей площади изделия, а по частям, по мере передвижения формирующего агрегата относительно формы и загрузки в нее бетонной смеси. Скользящее виброштампование на таком оборудовании применяется преимущественно для формирования тонкостенных плоских или криволинейных ребристых и профилированных элементов сборных конструкций толщиной до 10 см при высоте ребер до 30 см. Подобный принцип скользящего виброштампования может быть применен не только при горизонтальном, но и вертикальном формовании, например при формовании труб скользящим вибросердечником. Изделие формируется сразу на всю ширину, для чего размеры и профиль формирующего штампа в поперечном движении штампа направлении должны соответствовать профилю поперечного сечения формируемого изделия. Рабочая грань виброштампа на время формования устанавливается над днищем формы на уровне, соответствующем толщине формируемого изделия.

Неизменное давление по высоте штампа на заданном уровне обеспечивается гравитационным или механическим (например, пружинным) прижимом штампа к бетонной смеси. На штампе размещаются двухвальные дебалансные вибраторы направленного действия.

Различают скользящие виброштампы с гравитационным прижимом и штампы с механическим пружинным прижимом. Необходимо следить за тем, чтобы вес тележки скользящего виброштампа был не менее чем в три раза больше величины статического давления штампа на изделия.

5.4. Оборудование для формования железобетонных труб

Трубы классифицируют по давлению в них жидкости:

- на безнапорные – наполняемые жидкостью полностью или частично;

- слабонапорные – с рабочим давлением 2 – 3 атм;
- высоконапорные – с рабочим давлением 10 – 15 атм, при испытательном – до 25 атм.

По способу изготовления железобетонные трубы бывают: ручной набивки, прессованные, трамбованные, вибрированные, пневматической набивки, центробежные и изготовленные комбинированными способами.

Арматуру железобетонных труб выполняют из стержней круглого или периодического профиля, а также стальной проволоки различных марок.

Арматура в трубах укладывается в продольном и поперечном направлениях. В трубах круглого сечения поперечная может состоять из отдельных колец, сварных сеток или спиралей, которые иногда наматывают на готовую трубу (сердечник). Арматура может располагаться в один ряд (одиночная) и в два ряда (двойная). Наиболее распространены поперечные сечения – круговое, овалоидальное и полигональное, представляющее собой правильный или неправильный многоугольник.

Изготовление замкнутых каркасов цилиндрического и прямоугольного сечения

Некоторые виды арматурных каркасов замкнутого очертания, например каркасы для труб, цилиндрические и прямоугольные каркасы для опор линий связи, опор контактной сети, осветительных мачт свай, а также для колонн под сравнительно небольшую нагрузку, могут быть получены на специализированных каркасосварочных машинах полуавтоматического действия, без предварительной заготовки отдельных арматурных элементов.

Для точечной сварки используется сварочная головка аппарата типа МТПГ-75.

Уплотнение центробежными силами

Сущность способа центробежного формования заключается в том, что форма вместе с загруженной в нее бетонной смесью вращается вокруг своей продольной оси с заданной скоростью. Под действием развивающихся центробежных сил частицы смеси отбрасываются к стенкам формы, прижимаются к ним, и смесь распределяется в форме равномерным слоем. Возникающее при этом прессующее давление, величина которого пропорциональна массе частиц бетонной смеси, их расстоянию от оси вращения и квадрату угловой скорости, способствует отжатию части воды затворения, что ведет к уплотнению бетона.

В результате формируются изделия, в сечении представляющие собой тела вращения с внутренней цилиндрической полостью, а это позволяет формировать трубы и полые трубчатые конструкции без применения сложных двойных форм с внутренним сердечником. Внешнее очертание поперечного сечения формируемых изделий может быть различным: круглым, многоугольным, квадратным и др. Размеры изделий, формируемых центробежным способом, могут быть достаточно большими по длине (несущие колонны, осветительные мачты, опоры линий передач, связи длиной до 15 м и более) и в поперечном сечении (трубы диаметром 2 – 2,5 м и более).

Процесс центробежного формования можно разделить на две стадии: распределение бетонной смеси по стенкам формы и образование внутренней полости в изделии – начальная стадия формования изделий, завершающая стадия – уплотнение бетонной смеси в сформованном изделии.

5.5. Оборудование для производства бесцементных и ячеистых бетонов

В приготовлении бесцементных и ячеистых бетонных смесей, когда наряду с гомогенизацией смеси нужна еще и активизация ее ком-

понентов, основная и наиболее важная подготовительная операция тонкий помол компонентов вяжущего – извести, кварцевого песка, шлака. Тонкое измельчение, как известно, способствует лучшему использованию минеральных компонентов вяжущих и обуславливает проявление скрытой активности и вяжущих свойств многих видов шлаков и зол.

Тонкий помол материалов после предварительного дробления до кусков размером 40 – 50 мм осуществляется в мельницах различных систем, преимущественно в шаровых, а при небольшом объеме производства – в вибромельницах, позволяющих достигнуть высокой тонкости помола с меньшей затратой электроэнергии.

Сухой помол в мельницах требует значительного расхода электроэнергии, а также дорогостоящей предварительной сушки материалов до минимальной влажности, не превышающей 1 – 2 % по весу; при этом помольные установки, а также транспортирующие устройства во избежании пыления должны быть герметизированы и оборудованы аспирационными устройствами. Во всех случаях, где это возможно, следует применять мокрый помол материалов, т.к. вода, как это доказано работами П.А. Ребиндера и других исследователей, является понизителем твердости (попадая в микрощели, оказывает расклинивающее действие) и позволяет снизить примерно в полтора раза продолжительность помола материала по сравнению с сухим способом и соответственно уменьшить расход электроэнергии либо увеличить тонкость помола. Особенно эффективен мокрый помол при добавлении к воде поверхностно-активных веществ, например сульфитно-спиртовой барды, мылонафта и др.

При мокром помолу большое значение имеет правильный выбор концентрации твердых частиц в водной суспензии – шламе, а также выбор степени разжижения шлама, оцениваемой показателем его плотности или удельного веса. С увеличением густоты шлама в пределах, не нарушающих его текучести, необходимой для быстрой разгрузки мельницы, возрастает эффективность измельчения и, следовательно, производительность мельницы. Однако при очень густом шламе измельчение затрудняется вследствие повышения вязкости

всей массы, оказывающей «буферное» действие (шары в шаровой мельнице замазываются). Наилучшие результаты по измельчению дает шлам, содержащий 35 – 40 % воды, что соответствует его плотности примерно 1,8 – 1,7 г/см³.

Приготовление силикатобетонных смесей

Наиболее важная часть процесса получения силикатобетонной смеси – приготовление известково-кремнеземистого вяжущего и подготовка его компонентов. В остальном приготовление силикатобетонной смеси мало чем отличается от приготовления обычных цементно-бетонных смесей: оно сводится к дозированию и смешиванию всех ее компонентов.

Известково-кремнеземистое вяжущее может быть получено на основе гидратной (гашеной) извести либо на основе негашеной извести (молотой кипелки) с последующим гашением ее после укладки смеси в формы в процессе гидратационного схватывания с гашением части извести во время приготовления вяжущего и остальной части – после укладки смеси в формы.

Приготовление силикатобетонной смеси на основе гидратной (гашеной) извести

Гашение извести происходит в силосах, куда она загружается после предварительного смешивания (в соответствующих пропорциях) с мелкими фракциями песка и небольшим количеством воды. После выдерживания в силосе в течение нескольких часов смесь гашеной извести с песком, при влажности обычно не более 2 %, тонко размалывается в мельнице. Полученное вяжущее, как и все остальные компоненты силикатобетонной смеси (заполнитель, вода), через весовые дозаторы поступает в бетоносмеситель. Гашение извести в силосах предпочтительнее, нежели в гасильных барабанах, особенно для медленно гасящейся извести. Однако это связано с удлинением процесса приготовления вяжущего, так как гашение в силосах длится в

среднем 6 – 8 ч и более, в зависимости от качества извести и тонкости ее помола. Для того чтобы сократить срок гашения до 2 – 4 ч, смесь извести с песком до подачи ее в силос нагревают острым паром, который конденсируясь в воду, необходимую для гашения извести, нагревает смесь до 60 – 70 °С.

Приготовление силикатобетонной смеси на основе молотой извести-кипелки

Особенности этого способа приготовления смеси – весьма тонкий помол извести-кипелки, введение замедлителей схватывания, а также контроль за правильным выбором начального количества воды в смеси.

Известково-кремнеземистое вяжущее на основе кипелки может быть приготовлено по двум технологическим схемам: совместным помолом дробленой извести-кипелки, песка и добавки гипсового камня либо отдельным помолом извести-кипелки и песка и последующим смешиванием компонентов вяжущего с другими составляющими силикатобетонной смеси (заполнителем, водой затворения). При отдельном помоле известь размалывается вместе с добавленным сухим способом гипсовым камнем, а песок, как правило, – мокрым способом.

Преимущество совместного помола извести-кипелки с песком карьерной влажности в том, что не требуется предварительная сушка песка перед помолом, так как влага песка, составляющая обычно 4 – 6 %, расходуется на гидратацию части извести в смеси. Это уменьшает количество негашеной извести и устраняет возможные нежелательные явления при гидратации извести после укладки смеси в формы (бурное выделение тепла со значительным испарением влаги из свежешуложенного бетона, большие объемные деформации, приводящие к образованию трещин, и др.).

После помола известково-песчаная смесь с частично погашенной известью (примерно до 20 – 25 % веса извести) поступает вместе с другими компонентами силикатного бетона через дозаторы в бетоносмеситель принудительного действия. Для регулирования сроков схватывания в смеситель вместе с водой затворения вводится раствор сульфитно-спиртовой барды (ССБ), которая так же, как и двуводный

гипс, замедляет сроки схватывания извести-кипелки; ССБ может также применяться и без добавления гипса.

Приготовление силикатобетонной смеси по комбинированной схеме

Целесообразность применения силикатобетонных смесей на основе молотой извести-кипелки подтверждена многолетней практикой. Однако в ряде случаев, особенно при изготовлении малоподвижных и жестких смесей с повышенным содержанием извести, а также при использовании высокоактивной извести, необходимо, чтобы часть кипелки (примерно до 50 %, а в некоторых случаях и до 70 % от общего ее количества) была бы загашена в процессе приготовления.

Большое значение для обеспечения высокой степени однородности силикатобетонной смеси, состоящей, как правило, из мелкозернистых компонентов, которые часто комкаются и с трудом перемешиваются, имеет выбор типа смесителя и режим смешивания.

Приготовление газобетонных смесей

Технологический процесс приготовления газобетонной смеси имеет некоторые вариации в зависимости от вида вяжущего, применяемого для получения газобетона.

Приготовление газобетонной смеси на цементном вяжущем характеризуется наиболее простой схемой. Основная подготовительная операция – тонкий помол кварцевого песка до удельной поверхности не менее 2000 см²/г, осуществляемый, как правило, мокрым способом. Для улучшения процесса газообразования и повышения однородности смеси при помоле песка в шлам рекомендуется добавлять небольшое количество известкового молока или поверхностно-активных веществ. При загрузке песка в мельницу подается горячая вода или пар, чтобы получить необходимую температуру шлама порядка 40 – 15 °С. В мельницу желательно вводить минимально необ-

ходимое для эффективного помола песка количество воды (влажность шлама примерно 32 – 35 %), чтобы общее содержание ее в готовой смеси можно было корректировать, добавляя воду непосредственно в смеситель.

Полученный в результате мокрого помола песка шлам вместе с известковым молоком транспортируется в шламбассейн, расположенный над дозаторами смесительного отделения. В шламбассейне смесь молотого песка выдерживается при непрерывном перемешивании в течение 4 – 5 ч (устанавливаются обычно три шламбассейна с двухчасовым запасом каждый). Смесь может перемешиваться при помощи мешалок, а также сжатым воздухом способом барботирования.

В смесительном отделении в самоходный газобетоносмеситель загружается отдозированное количество шлама, цемента, водного раствора регуляторов схватывания (в необходимых случаях), недостающее до расчетного количества подогретой воды; в отдельных случаях в смесь добавляется также некоторое количество мелкого природного песка или иного наполнителя. После двух-, трехминутного перемешивания растворной массы в смеситель вводится алюминиевая или магниевая пудра в виде водной суспензии в пропорции 1:10, и смесь дополнительно перемешивается еще в течение 2 мин.

Применяемые для приготовления смеси газобетоносмесители, служащие одновременно и раздатчиками смеси в формы, рассчитаны на достаточно большую емкость, обычно 4 – 6 м³. Они могут обслуживать большое число форм, расположенных по обе стороны рельсового пути, по которому движется самоходный смеситель. Вертикальный вал в смесителе, снабженный пропеллерными лопастями для перемешивания смеси, делает около 50 об/мин. Лопастями устроены таким образом, чтобы смесь при перемешивании многократно перемещалась снизу вверх.

Цемент, применяемый для приготовления газобетона, должен быть свежей поставки, так как при использовании лежалого цемента значительно замедляются процессы газообразования. В этом случае требуется дополнительный домол цемента и введение ускорителя

схватывания, например жидкого стекла, хлористого кальция и др.

Сначала совместно перемалывается песок с негашеной известью и двухводным гипсом замедлителем схватывания. В газобетоносмеситель подаются отдозированная сухая смесь тонкомолотых твердых компонентов, вода, подогретая до 25 – 30 °С, а при использовании смешанного вяжущего – цемент. После предварительного перемешивания массы в течение 2 – 4 мин в смеситель загружают отдельно приготовленную водную суспензию алюминиевой пудры с добавлением жидкого стекла в качестве регуляторов схватывания. Смесь дополнительно перемешивается еще в течение 1 – 2 мин, затем разливается в подготовленные формы.

В случае применения вместо кварцевого песка золы-уноса ТЭЦ известь-кипелка размалывается совместно с 20 – 25 % золы от общего ее количества в составе бетона. Измельченные компоненты загружаются вместе с остальной золой в гомогенизаторы большой емкости, где смесь выдерживается при медленном перемешивании в течение 3 ч для усреднения состава. Далее газосиликатную смесь готовят по описанной выше схеме.

Выпускаемая промышленностью алюминиевая пудра имеет на поверхности частичек парафиновую пленку, которая препятствует смачиванию водой, поэтому алюминиевая пудра всплывает, комкается и неравномерно распределяется в смеси. Добавление поверхностно-активных веществ, повышающих смачивание парафинированной алюминиевой пудры, позволяет отказаться от взрывоопасной операции прокаливания пудры для ее депарафинирования.

При использовании наиболее прогрессивной так называемой вибротехнологии приготовления и вспучивания газобетонной или газосиликатной смеси путем комплексной виброобработки в смесителе и в процессе укладки в формы и газообразования применяются более вязкие смеси по сравнению со смесями при обычной технологии. В этом случае используют лопастные вибросмесители (с вертикальной осью вращения), в которых приводятся в колебательное движение смесительный барабан или только смешивающие лопасти.

Приготовление пенобетонных смесей

Приготовление пенобетонных смесей на цементном или известково-кремнеземистом вяжущем состоит из трех операций:

- приготовления растворной смеси из минерального вяжущего, воды и тонкозернистого кремнеземистого компонента;
- приготовления технической пены;
- смешивания растворной смеси с технической пеной.

Компоненты растворной смеси смешиваются в лопастных растворосмесителях со скоростью вращения лопастного вала около 60 об/мин.

При использовании цементного вяжущего в растворосмеситель загружаются: цемент, отдельно приготовленный шлам молотого песка или дисперсной золы-уноса и вода; при известково-кремнеземистом вяжущем – предварительно приготовленное по одной из рассмотренных схем вяжущее на основе молотой известки-кипелки и кремнеземистого компонента (молотый песок, зола), вода и замедлители схватывания – при гипсовом или гипсоцементно-пуццолановом вяжущем – гипс, вода, замедлители схватывания и в необходимых случаях – дисперсные минеральные заполнители.

Пену готовят в пеновзбивателе, интенсивно смешивая пенообразователь с водой в соотношении, устанавливаемом при подборе состава пенобетона. Приготовленный заранее или полученный в готовом виде концентрат пенообразователя перед применением разбавляют водой в соотношении примерно 1:5 (концентрат : вода) и загружают в пеновзбиватель. Взбивают пену в одновальных лопастных смесителях с лопастями, обтянутыми металлической сеткой; скорость вращения вала 200 – 250 об/мин. Взбивание длится 3 – 6 мин в зависимости от вида пенообразователя.

Для ускорения пенообразования в пеновзбиватель подается сжатый воздух, который, барботируя, дополнительно перемешивает смесь.

Пена должна иметь однородную структуру с размером воздушных ячеек не более 1 – 2 мм, наличие крупных пузырей свидетельствует о том, что пена недостаточно взбита.

Пенобетонную массу готовят, интенсивно смешивая рас-

твор с пеной в лопастных смесителях при повышенном числе оборотов вала (60 – 90 об/мин) до получения вполне однородной по цвету смеси с равномерно распределенными в ней ячейками. Длительность перемешивания примерно 2 мин. Для приготовления пенобетонной смеси применяются серийно выпускаемые трехбарабанные пенобетоносмесители емкостью 500 и 750 л. В одном барабане приготавливается растворная смесь, в другом – взбивается пена, а в третьем, расположенном под первыми двумя, смешиваются раствор и техническая пена. Пенобетоносмесители снабжены установленными на общей раме дозаторами для всех составляющих.

Контрольные вопросы

1. Как работает пустообразователь?
2. Как работает стационарный вибронасадок?
3. Что такое стационарное и скользящее виброштампование?
4. Какое оборудование применяют для формирования железобетонных труб?
5. Какое оборудование применяют при приготовлении пено- и газобетонов?

Раздел 6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

6.1. Оборудование для производства фибролита

Фибролит отличается наименьшей плотностью, поэтому имеет наилучший показатель теплоизоляционных свойств, на его изготовление расходуется наименьшее количество портландцемента и химических добавок. Однако к недостаткам фибролита можно отнести необходимость использования штучных древесных отходов в виде чураков длиной не менее 50 см.

Высокие прочностные показатели цементно-стружечной плиты (ЦСП) позволяют получать на их основе ограждающие и несущие конструкции широкой номенклатуры для жилых, общественных и производственных зданий.

Фибролитовые плиты изготавливают из смеси специально нарезанной древесной стружки, портландцемента, химических добавок и воды. Их применяют в качестве теплоизоляционного, конструктивно-теплоизоляционного и акустического материала в строительных конструкциях зданий и сооружений с относительной влажностью воздуха в помещении не выше 75 %. Фибролитовые плиты относятся к трудносгораемым и биостойким материалам.

Основная характеристика цементного фибролита – средняя плотность, по которой он делится на три марки: 300, 400 и 500. Увеличение средней плотности повышает прочность и огнестойкость, но снижает теплоизоляционные свойства плит. Размеры выпускаемых плит (мм): длина – 2400, 3000; ширина – 600, 1200; толщина – 30, 50, 75, 100, 150.

Для изготовления фибролитовых плит применяют портландцемент марки не ниже 400, древесную стружку из древесины хвойных пород (ели, сосны, пихты), химические добавки (хлористый кальций, жидкое стекло, известь, серноокислый алюминий). Допускается применять смесь стружки древесины других хвойных и лиственных пород при условии соблюдения требований, изложенных в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Физико-механические свойства фибролитовых плит

Показатель	Плита Ф-300	Плита Ф-400	Плита Ф-500
Средняя плотность плит в сухом состоянии, кг/м ³	250 ... 350	351 ... 450	451 ... 500
То же, аттестованных по высшей категории качества, кг/м ³	250 ... 275	351 ... 375	451 ... 475
Влажность, % по массе, не более	20	20	20
Предел прочности при изгибе, МПа, для плит толщиной, мм:			
30	–	1,1	1,3
50	0,6	0,9	1,2
75	0,4	0,7	1,1
100	0,35	0,6	1,0
Модуль упругости плит при изгибе, МПа, не менее	–	300	500
Теплопроводность плит в сухом состоянии при температуре 20 ± 2 °С, Вт/(м·°С), не более	0,8	0,09	0,1
То же, аттестованных по высшей категории качества, Вт/(м·°С), не более	0,07	0,08	0,09
Водопоглощение, % по массе, не более	35	40	45

Коэффициент звукопоглощения плит марок Ф-400 и Ф-500 толщиной 30 мм, предназначенных для акустической отделки помещений, должен быть не менее величин, указанных в табл. 6.2.

Цементный фибролит – достаточно долговечный материал, если он конструктивно защищен от непосредственных климатических воздействий. В большинстве конструкций фибролит от внешних климатических воздействий защищает слой штукатурки или бетона.

Влажность плит, аттестованных по высшей категории качества, должна составлять не более 15 %, а предел прочности при изгибе должен быть выше установленного на 25 %.

Как было отмечено ранее, сырьем для производства фибролитовых плит служат древесина, портландцемент, «минерализатор» и вода.

Таблица 6.2

Коэффициент звукопоглощения фибролитовых плит

Положение плит	Коэффициент							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Вплотную к ограждению	0,08	0,11	0,18	0,25	0,38	0,59	0,63	0,65
На расстоянии 50 мм от ограждения	0,08	0,11	0,27	0,36	0,46	0,54	0,60	0,63

Применяемая для изготовления древесина должна быть здоровой, без гнили, сучков, диаметром более 40 мм. Допускается косо-слой с отклонением волокон от прямого направления на 1 м длины не более 0,2 диаметра верхнего торца. Древесина может иметь кривизну в одной плоскости со стрелой прогиба на 1 м длины не выше 5 % при диаметре верхнего торца до 22 см и не выше 10 % при диаметре 22 см и более. Кроме того, перед использованием древесина должна быть выдержана в штабелях в период весенне-летних месяцев. Перезре-лая и сухостойкая древесина не применяется. Цехи по производству цементного фибролита строятся в основном в районах лесозаготовок при домостроительных и деревообрабатывающих комбинатах.

После окорки и выдержки на складе древесину разрезают на чу-раки длиной 500 мм, из которых затем на древошерстных станках из-готавливают древесную шерсть – узкие и тонкие полоски древесины длиной около 500 мм. Древесную шерсть пропитывают раствором «минерализатора» (хлористого кальция и др.) и смешивают в опреде-ленном соотношении с цементом.

Полученную смесь – шихту – укладывают в формы, прессуют и выдерживают в течение определенного времени. Цемент схватывает-ся и достигает прочности, при которой извлекаемые из формы плиты не разрушаются. У плит обрезают неровности боковых и торцевых кромок и отправляют для дальнейшего вызревания и сушки. Для это-го летом плиты складывают в цехе, зимой и осенью – в сушилке. По окончании сушки плиты рассортировывают и отправляют потребите-лям. В России фибролит выпускают в цехах трех типов, технологиче-ские схемы которых примерно одинаковы: цехи малой производи-

тельности (до 20 тыс. м³ фибролитовых плит в год); цехи с полуавтоматизированными поточными линиями (производительностью 79 тыс. м³ фибролитовых плит в год); цехи, работающие на финском оборудовании. Цех, оснащенный полуавтоматизированной поточной линией, – наиболее прогрессивный.

В связи со значительным ростом производства цементного фибролита в последние годы расширилась и сфера его применения в различных областях строительства. Из цементного фибролита изготавливают плиты длиной 2000, 2400, 3000 мм; шириной 500, 550 и 1150 мм и толщиной 24, 35, 50, 75 и 100 мм. По длине и ширине плит допускаются отклонения ± 5 мм, а по толщине ± 3 мм, причем в одной партии плиты могут иметь только однозначные отклонения, т.е. только плюсовые и только минусовые. Заводы выпускают в основном прямоугольные плиты размером 2400×550×75 мм с допускаемым отклонением от прямого угла 3 мм на 500 мм длины грани. Плиты не должны иметь трещин, расслоений, глубоких впадин или выпуклостей, отколотых или надломанных ребер и углов, комков непромешанного цемента, а также не покрытой цементным раствором древесной шерсти. На поверхности плит не допускается высолов в виде белых пятен.

Фибролитовые плиты изготавливают следующих видов: теплоизоляционные, конструктивные и акустические. Применяют их для различных целей. Теплоизоляционные цементно-фибролитовые плиты марок 300 и 350 применяют для утепления ограждающих конструкций. Конструктивные фибролитовые плиты повышенной прочности марок 400 и 500 можно использовать и как теплоизоляционный материал для устройства наката перекрытий, перегородок и покрытий зданий, а также стен в деревянном стандартном домостроении.

Акустические цементно-фибролитовые плиты толщиной 35 мм как отделочный материал применяют в помещениях производственных и общественных зданий, где требуется специальная звукоизоляция (здания аэропортов, помещения машиносчетных станций, фойе театров, кинотеатров, кафе, рестораны и т.п.).

Цементно-фибролитовые плиты применяют в качестве конструктивно-теплоизоляционного заполнения в стандартных деревянных

домах щитовой и каркасной конструкций (стены, перекрытия), для утепления тонких кирпичных и бетонных стен в сельскохозяйственных постройках различного назначения.

Эффективно применять цементно-фибrolитовые плиты в качестве опалубки при строительстве различных бетонных сооружений, когда они затем остаются в конструкции и выполняют роль теплоизоляции. Цементный фибrolит применяют в жилищном строительстве в качестве теплоизоляционного слоя в стеновых панелях различных конструкций для утепления чердачных перекрытий, совмещенных кровель, карнизных панелей, вентиляционных каналов и т.п. В промышленном строительстве цементный фибrolит используют для утепления различных покрытий.

6.2. Оборудование для производства древесно-волоконистых плит

Древесно-волоконистые плиты (ДВП) получают горячим прессованием волокнистой массы, состоящей из органических, преимущественно целлюлозных, волокон, воды, наполнителей, синтетических полимеров и специальных добавок. Сырьем для изготовления плит служат отходы деревообрабатывающих производств и лесозаготовок (древесная щепка и дробленка), а также стебли тростника, льняная костра и другие растительные материалы. В зависимости от удельного давления при прессовании и дальнейшей обработки древесно-волоконистые плиты выпускают сверхтвердыми, твердыми, полутвердыми и мягкими (изоляционно-отделочные и изоляционные).

Древесину на рубильных машинах перерабатывают в щепу, которую затем проваривают в 1 ... 2 %-ном растворе едкого натра для нейтрализации смолистых и сахаристых веществ. Проваренную и промытую горячей водой щепу размалывают в дефибрерах или других машинах до тонковолокнистого состояния. После этого волокна перемешивают с водой. В смесь добавляют парафиновую эмульсию, антисептики, антипирены. Для изготовления сверхтвердых плит в смесь вводят фенолформальдегидные полимеры.

Приготовленная масса поступает на сетку отливной машины, где обезвоживается, формуется в ковер заданной толщины и направляется либо под роликовую сушилку для изготовления изоляцион-

ных плит, либо под горячий пресс для изготовления твердых плит. Прессование происходит при температуре 150 ... 165 °С под давлением 1 ... 5 МПа. Плиты ДВП могут быть изготовлены полусухим и сухим способами.

Древесно-волоконистые плиты в зависимости от плотности подразделяют на мягкие (М), полутвердые (ПТ), твердые (Т) и сверхтвердые (СТ). По минимальному пределу прочности при изгибе древесно-волоконистые плиты делятся на марки: М-4, М-12, М-20, ПТ-100, Т-350, Т-400 и СТ-500. Размеры древесно-волоконистых плит и их свойства приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Размеры древесно-волоконистых плит

Марка	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм
М-4, М-12	3000, 2700, 2500	1700, 1220	12, 16, 25
М-20	1800, 1600, 1200	–	8, 12
ПТ-100	5500, 3600, 3000	2140, 1830	6,8,12
Т-350, Т-400	2700,2500,2350	1700, 1220	25 – 32 – 4
СТ-500	2050, 1200	–	5,6

При контрольной проверке от предъявляемой партии отбирают 5 % плит для поштучного осмотра и обмера и три плиты для определения физико-механических свойств. Отклонение размеров плит по длине и ширине допускается ± 5 мм, по толщине ± 3 , -1 в зависимости от марки плит.

Древесно-волоконистые плиты применяют при устройстве перегородок, облицовке стен, обшивке потолков, настилке полов, а также при изготовлении дверных полотен и встроенной мебели. Особенно ценны для строительства отделочные и теплозвукоизоляционные древесно-волоконистые плиты. Красивый внешний вид, разнообразие цвета и фактур, крупные размеры, легкость монтажа и обработки, невысокая стоимость – причины высокой эффективности их применения.

Отделочные древесно-волоконистые плиты выпускают следующих

видов: с матовой лицевой поверхностью, окрашенной вододисперсионными поливинилацетатными красками (тип А); с зеркально-глянцевой лицевой поверхностью или полуматовой (под шагрень), окрашенной эмалями на основе синтетических смол (тип Б).

Плиты типа А применяют для облицовки стен и потолков в зданиях с нормальным режимом эксплуатации; плиты типа Б предназначены для облицовки стен в кухнях и санитарных узлах жилых зданий, щитовых дверей, а также в помещениях с особым санитарно-гигиеническим режимом эксплуатации (в медицинских учреждениях, продуктовых магазинах и пр.). Иногда для этих же целей применяют твердые древесно-волоконные плиты с декоративными эмалевыми покрытиями, имитирующие глазурованные плитки. Плиты, облицованные синтетической пленкой, с прокладкой текстурной бумаги под цвет и текстуру древесины ценных пород, применяют в производстве мебели, щитовых дверей, панелей и т.д.

Для покрытия полов используют сверхтвердые древесно-волоконные плиты, обработанные синтетическими смолами и высыхающими маслами. Плиты можно укладывать непосредственно по цементно-керамзитовой стяжке, гипсоцементным прокатным панелям, цементным стяжкам и дощатым настилам.

Плиты приклеивают к полу кумарононаиритовой мастикой КН-2, поливинилацетатной дисперсией, найритовым клеем НТ-4.

Твердые древесно-волоконные плиты с лакокрасочным покрытием применяют в качестве отделочного материала при строительстве жилых, общественных и производственных зданий, изготовлении транспортных средств, торгового оборудования, мебели, дверных полотен. Плиты состоят из основы – древесно-волоконной плиты и лакокрасочного покрытия. В зависимости от внешнего вида последнего плиты выпускают двух типов: А – с декоративным печатным рисунком, Б – одноцветные.

Мягкие древесно-волоконные плиты применяют в строительстве в качестве материала для термоизоляции стен, потолков и полов, для изготовления инвентарных сборно-разборных зданий; в щитовых конструкциях зданий (вкладывают внутрь щитов наружных стен и

потолков); в промышленных зданиях для теплоизоляции совмещенных крыш, в панельных зданиях в качестве звукоизоляционных прокладок, подкладок и выравнивающих слоев под твердые покрытия полов.

Твердые древесно-волокнистые плиты применяют в строительстве в качестве листового облицовочного материала для облицовывания каркасных перегородок, стен и потолков жилых, общественных и производственных зданий; для изготовления щитовых дверей, деталей встроенных шкафов; в мебельной промышленности – для задних, боковых стенок и донышек; для изготовления тары.

6.3. Оборудование для производства изделий из пластических масс

Процесс получения изделий из пластических масс включает подготовку исходных компонентов, их смешивание и формование.

Экструзия – непрерывный процесс продавливания вязкотекучей полимерной композиции через мундштук экструдера. С помощью экструзии получают погонажные изделия, трубы, листы, линолеум и другие изделия. Например, при получении полиэтиленовых труб гранулы полиэтилена загружают в экструдер, где они нагреваются, размягчаются и перемешиваются до гомогенного состояния, а затем с помощью шнека выталкиваются через кольцевой формирующий зазор. Выдавливаемая труба поступает в калибровочную насадку, где охлаждается, отвердевает и калибруется. Затем труба окончательно охлаждается в ванне с циркулирующей водой, проходит через вытяжное устройство и разрезается на отдельные изделия заданной длины или свертывается в бухты.

Прессование – формование изделий из реактопластов в обогреваемых гидравлических прессах. При изготовлении изделия из пресспорошков прессуют в горячих пресс-формах. Технологический процесс состоит в этом случае из дозирования порошка, таблеток или гранул, загрузки их в форму, выдерживания в ней под давлением, размыкания формы и извлечения готового изделия. В пресс-формах изготавливают, например, детали санитарно-технического и электро-

технического оборудования, фурнитуру. В одной форме часто изготавливают сразу несколько изделий. При изготовлении древесностружечных плит, бумажно- и древеснослоистых пластиков, а также стеклопластиков применяют прессование на многоэтажных прессах. Листовой и волокнистый наполнители пропитывают растворами термоактивных полимеров, подсушивают, собирают в пакеты или укладывают в формы и прессуют. При прессовании на многоэтажных гидравлических прессах создается усилие 100 – 500 кН при одновременном нагревании до требуемой температуры. Материал выдерживают и охлаждают при заданном давлении и температуре.

Литье под давлением – формование путем нагрева пластических масс до вязкотекучего состояния с последующим выдавливанием в форму. Этим способом перерабатывают преимущественно термопласты. Для литья под давлением применяют машины с горизонтальным и вертикальным литьевыми цилиндрами, в которых полимерная масса нагревается, подвергается пластификации с помощью шнека, а затем впрыскивается поршнем через сопло в форму. Давление, развиваемое поршнем, составляет 80 – 150 МПа, полимерная масса впрыскивается при температуре 420 – 475 К. В пресс-форме изделие выдерживается под давлением, охлаждается и затвердевает. Готовый продукт после разъема формы выталкивается толкателем, и цикл повторяется. Литье под давлением широко применяют при формовании облицовочных плиток и других разнообразных изделий из полистирола, полиэтилена, полиамида и других полимеров.

Наряду с литьем под давлением для изготовления пластмассовых изделий применяют и простое литье, при котором пластическую массу в жидком состоянии без давления заливают в формы, где она отверждается. Формы для отливки изготавливают из гипса, легких сплавов, стали и т.п. Простым литьем получают некоторые изделия из полиамидов, полиметилметакрилата и др.

Термоформование – переработка в изделия пластмассовых заготовок, нагретых до определенной температуры. Применяют пневмотермоформование и вакуумное термоформование. При первом спосо-

бе изделия формуют в закрытых формах, установленных на гидравлических прессах. Крышка формы снабжена штуцером, через который подают сжатый воздух. Заготовку укладывают на матрицу, с помощью пресса уплотняют ее по периметру, а затем давлением воздуха до 2,5 МПа прижимают размягченную массу к стенкам матрицы. При вакуумном термоформовании изделия изготавливают на специальных вакуум-формовочных машинах. Заготовку закрепляют по контуру полой формы, нагревают и создают разрежение в полости.

С помощью термоформования изготавливают тонкостенные санитарно-строительные изделия – ванны, умывальники, раковины и др.

Сварка и склеивание служат для получения пластмассовых изделий с помощью соединения отдельных заготовок. Сваркой соединяют большинство термопластов. По способу нагрева различают сварку контактную, высокочастотную, радиационную, фрикционную, горячим газом, ультразвуком. Универсальной является сварка горячим газом. В зависимости от типа пластмассы выбирают вид газа: для сваривания поливинилхлорида – воздух, полиэтилена – азот и т.д. При сварке подготовленные кромки элементов и сварочный пруток размягчаются горячим газом и под давлением образуют прочный шов. Прочность сварки составляет 80 – 100 % прочности основного материала.

Склеивание применяют для соединения термопластичных термореактивных пластмасс.

Клеи используют холодного и горячего отверждения. Клеи на основе термопластичных полимеров отвердевают в результате удаления растворителя или охлаждения расплава. Полученные соединения не выдерживают высоких температур, действия органических растворителей и длительного нагружения.

Термопластичные полимеры можно склеивать органическим растворителем, вызывающим набухание стыкуемых концов и их слипание при сжатии. Соединения на термореактивных полимерах отличаются более высокой прочностью, теплостойкостью, устойчивостью против старения и действия агрессивных сред. Недостатки этих соединений – хрупкость, низкая стойкость к ударам и вибрации.

Получение пластмасс с пористой структурой

Пористая структура полимерных строительных материалов может быть получена химическим и физическим способами. Химический способ основан на термическом разложении газообразователей, введенных в состав полимерной композиции. Образующиеся при этом газы вспенивают полимер. Сущность физического способа заключается в расширении газов, растворенных в полимерах, после снятия давления или при повышении температуры. Вспененную структуру пластмасс можно также получать при механическом диспергировании газа и последующем отверждении полимеров.

К газообразователям относятся органические вещества (порофоры), которые при повышенной температуре разлагаются с выделением азота, углекислоты, аммиака и других газов. Эти вещества выделяют газ в результате необратимого термического разложения. Применяют также газообразователи, обладающие способностью к обратимому термическому разложению. К ним относятся неорганические вещества – карбонат аммония, бикарбонат натрия и др. Веществами, способными вспенивать полимеры при нагревании до температуры кипения или при снижении давления, являются такие легкокипящие жидкости, как бензол, ксилол, толуол, вода, спирты и др. Отдельную группу пенообразователей составляют поверхностно-активные вещества, облегчающие диспергирование газа в виде мелких пузырьков и повышающие устойчивость тонких полимерных пленок между пузырьками.

Пористые полимерные материалы можно получить как при повышенном, так и при нормальном давлении. С применением повышенного давления пористые пластмассы получают прессованием, экструзией и литьем под давлением. Наиболее распространен прессовый метод, сущность которого заключается в прессовании смеси полимера и газообразователя при повышенной температуре с последующим вспениванием размягченной композиции в пресс-форме.

Если при формовании поро- и пенопластов повышенное давление не используется, то применяют беспрессовый, химический и дисперсионный методы. При беспрессовом методе полимерная композиция

вспенивается при нагревании до температуры кипения растворителя или разложения газообразователя. Сущность химического метода заключается во вспенивании смеси газами, выделяющимися при взаимодействии компонентов в процессе полимеризации или поликонденсации. При дисперсионном методе полимерная композиция, связанная с пенообразователем, вспенивается с помощью быстроходных смесителей и продувания через раствор газообразного вещества с последующим отверждением полимера.

Рулонные материалы

В современном индустриальном строительстве для покрытия полов широко применяют полимерные рулонные материалы. Они в несколько раз легче керамических и деревянных покрытий, прочны, биостойки и гигиеничны, а также имеют красивый внешний вид. Плы из рулонных материалов экономичны и полностью отвечают требованиям индустриализации строительства.

Рулонные материалы для покрытия полов (линолеумы) изготавливают на основе различных синтетических полимеров с введением наполнителей, пластификаторов и пигментов. По виду исходного полимера различают линолеумы поливинилхлоридные, глифталевые, коллоксилиновые, резиновые (релин) и др.; по структуре – безосновные и с упрочняющей или тепло- и звукоизолирующей основой, однослойные и многослойные, по фактуре лицевой поверхности – с гладкой, рифленой и ворсистой (для ковровых покрытий) поверхностью, по цвету – одноцветные и многоцветные.

Рулонные полимерные материалы для покрытия полов хорошо сопротивляются истиранию, обладают малым водопоглощением, высокой упругостью и другими положительными свойствами. Лицевая поверхность линолеумов должна быть гладкой, глянцевой или полуматовой, без пятен, царапин, вмятин, раковин и бугорков. Одноцветный линолеум должен иметь ровный, одинаковый тон по всей поверхности. Многоцветный линолеум должен быть глубоко покрашен, т.е. рисунок должен проходить сквозь всю толщину слоя износа, быть

четким. Цвет линолеума не должен изменяться под воздействием света, воздуха и воды.

Поливинилхлоридный одно- и многослойный линолеум на подоснове изготавливают каландровым и экструзионным способами.

Поливинилхлоридный линолеум без подосновы производят дозируя и смешивая компоненты, а затем пластифицируют массу при ее переработке на вальцах, потом полотно формуют на каландрах. В состав массы однослойного линолеума обычно входит 40 ... 45 % суспензионного поливинилхлорида, 18 ... 22 % пластификатора, 0,5 ... 1 % стабилизатора, 18 ... 35 % наполнителей (тальк, барит, каолин, мел, древесная мука и др.), 5 ... 15 пигментов. В многослойном линолеуме в состав массы для лицевого слоя обычно вводится в два-три раза больше полимерного связующего и соответственно меньше наполнителей, чем для нижних слоев. Компоненты смешиваются в лопастном смесителе при 60 ... 80 °С. Пластификацию производят при температуре 120 ... 140 °С в течение 2 ... 4 ч, активно растирая и перемешивая массу на валковом смесителе с двумя параллельными парами вальцов, на выходе из которых она приобретает форму ленты и далее направляется конвейером на четырехвалковый каландр. Валки каландра имеют полированную поверхность и нагреваются паром до рабочей температуры 150 ... 165 °С. На каландре полотно линолеума формуется и калистрируется, затем поступает в барабанную охлаждающую камеру. Охлажденный до 40 °С линолеум специальным устройством обрезается и разрезается на полотнища заданных размеров, после чего скатывается в рулоны.

При производстве многослойного (с двумя и более слоями) линолеума сначала изготавливают пленки для лицевого слоя и для нижних слоев; последние изготавливают с максимально допустимым содержанием наполнителя, что значительно сокращает расход дорогостоящего полимера. Затем пленки дублируют (склеивают) на специальных барабанных прессах под давлением 0,5 ... 1,5 МПа и температуре до 170 °С.

Производство линолеума экструзионным методом заключается в непрерывном выдавливании полимерной массы с помощью червячной машины (экструдера) сквозь формующую широкощелевую го-

ловку. Этот метод используется для производства линолеума без подосновы, а также подосновного линолеума.

Экструзионный метод особенно эффективно применяют при изготовлении многослойных линолеумов, так как при этом исключается дублирование – одна из наиболее сложных операций в технологии рулонных материалов. Многослойный линолеум формируется при совместной работе нескольких экструдеров, связанных общей плоскощелевой головкой. Технология экструзионного двухслойного линолеума включает следующие операции: приготовление смесей для верхнего и нижнего слоев, формование двухслойного полотна с последующей термостабилизацией, обрезку кромок, раскрой по длине, разбраковку, скатывание в рулоны и упаковку.

Промазной метод применяют в производстве поливинилхлоридных линолеумов на подоснове. На основе эмульсионного поливинилхлорида готовят линолеумную пасту, которую затем наносят на движущуюся подоснову с последующей термообработкой в камерах и уплотнением на каландре. В качестве подосновы применяют льняные, джутовые и кенафные ткани. Теплоизоляционной и звукопоглощающей подосновой являются войлок и другие волокнистые материалы.

Поливинилхлоридный линолеум выпускают в виде полотнищ длиной не менее 12 м и шириной 1200 ... 2400 мм. Толщина линолеума 1,2 – 1,6 мм. По окраске он может быть одноцветным (разных цветов), мраморовидным и узорчатым.

Контрольные вопросы

1. Фибролит, область его применения.
2. Сырье для получения плит ДВП и применяемые машины для их изготовления.
3. Виды отделочных плит ДВП, применяемые в строительстве.
4. Для каких целей используют экструдеры, каландры? Какие изделия получают с использованием этих установок ?

Раздел 7. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕОРГАНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

7.1. Оборудование для производства теплоизоляционных материалов

Минеральная вата – самый распространенный теплоизоляционный материал, свойства которого обусловлены содержанием в нем большого количества воздушных пор и каналов между волокнами.

Производство минеральной ваты независимо от типа плавильного агрегата и способа переработки минерального расплава включает следующие основные этапы:

- подготовку (измельчение) сырья в дробилке;
- сортировку сырья в грохоте;
- плавление и получение расплава в вагранке или ванной печи;
- переработку минерального расплава на центрифуге;
- осаждение минеральной ваты и образование минерального ковра в камере волокноосаждения.

В качестве сырья для получения минеральной ваты используют силикатные породы (кремнезем), шлаки, являющиеся отходами металлургии, керамический бой и др. В процесс подготовки шихты входят следующие операции: получение необходимых фракций кокса и сырьевых компонентов, составление рабочей шихты – рабочей калоши в вагранку. Твердое кусковое сырье необходимо дробить и сортировать.

Сырье плавят в вертикальной шахтной печи – вагранке, состоящей из двух основных частей – горновой и шахтной. В горновой нижней части происходит горение топлива и плавление сырья. Сортированное сырье и кокс из расходных бункеров через весовые дозаторы с помощью транспортера поступают на загрузку в верхнюю часть вагранки.

Загруженное сверху сырье и топливо чередующимися слоями

опускают вниз, а образующиеся в нижней части вагранки продукты горения топлива – горячие газы – поднимаются наверх, передавая свое тепло верхним слоям материала. Таким образом сырье, опускаясь вниз по вагранке разогревается, превращаясь в расплав, который через охлаждаемую водой летку и лоток непрерывно вытекает наружу. При этом температура расплава должна быть на 300 °С выше температуры плавления сырья.

Минеральная вата из расплава получается различными технологическими приемами, такими как пародутьевой способ, центробежно-валковый, центробежно-дутьевой и центробежно-фильерный.

Пародутьевой способ наименее экономичен. Расплав, вытекающий из летки вагранки, раздувается в капли струей пара, которая вытекает из сопла с большой скоростью. Далее капли еще не затвердевшего расплава под действием парового потока вытягиваются в волокна. Для раздува применяется перегретый пар. При высокой производительности вагранки и большом количестве расплава струю, выходящую из летки, разделяют на несколько частей при помощи рассекающего. Это обеспечивает более качественный раздув и получение качественной минеральной ваты.

Центробежно-валковый способ представляет собой получение минерального волокна с помощью центрифуги на основе четырех рабочих валков, вращающихся с большой скоростью вокруг своих горизонтальных осей. Центрифуга одной своей открытой стороной прижимается к камере волокноосаждения. Минеральный расплав из вагранки подается под углом 30 – 40° на валки и расщепляется. Процесс волокнообразования завершается на четвертом валке. Образующиеся от всех валков волокна подхватываются воздушным потоком и уносятся в камеру волокноосаждения, где оседают на движущемся конвейере.

Центробежно-дутьевой способ – это комбинированный способ производства минерального волокна, состоящий из центробежного расщепления основной струи расплава с последующим вытягиванием частиц расплава в волокна под действием пара.

Фильерно-дутьевой способ производства минеральной ваты рас-

пространен незначительно. Волокна получают следующим образом. Расплав из вагранки через летку поступает в платиновую обогреваемую фильерную пластину, служащую питателем и имеющую большое количество отверстий – фильер, диаметром 1,8 мм. Выходящие из фильер струи расплава дополнительно раздуваются сжатым воздухом в волокно, которое попадает на сетчатый транспортер камеры волоконоосаждения, волокна осаждаются на сетчатый транспортер, проходящий по всей ее длине, и происходит обеспыливание минеральных волокон опрыскиванием их вяжущими веществами, например водной эмульсией эмульсола, минеральными маслами и др.

Изделия из стекловолокна находят широкое применение в строительстве, в первую очередь при теплоизоляции кровель, перекрытий. Как звуко- и теплоизолирующий материал, отвечающий требованиям санитарии, стекловату широко применяют для изоляции внутренних перегородок и стен.

Стекловолокно представляет собой материал, получаемый из расплавов стекломассы. Оно служит полуфабрикатом при производстве тепло- и звукоизоляционных изделий. Технология производства стекловолокна во многом сходна с технологией производства минеральной ваты. В настоящее время стекловолокно производят дутьевым, центробежным, фильерным и штабиковым способами.

Сырьем для производства стеклянного волокна служат кварцевый песок, известняк, сода и сульфат натрия. Сырьевая смесь готовится следующим образом: песок сушится в сушильном барабане, известняк дробится в щековой дробилке и подвергается помолу в бегунах, соду и сульфат пропускают через дезинтегратор для разрыхления. Подготовленные сырьевые материалы отвешивают и смешивают до получения однородной шихты. Дутьевой способ получения стеклянного волокна – наиболее распространенный способ производства.

Фильерный способ производства стекловолокна позволяет получать непрерывное стекловолокно, которое вытягивается из расплавленной стекломассы. Расплавленное стекло под давлением собственной массы вытекает из плавильной печи через фильтры в виде капель, которые вытягиваются в волокна. Они накручиваются на барабан, вращающийся со скоростью 2 м/мин. Количество растягивающихся

волокон может составлять до 200 штук одновременно. Из стеклянного волокна, полученного способом вытягивания, изготавливают маты и полосы, которые представляют собой ряд последовательно наложенных друг на друга слоев стеклянного волокна.

Центробежный способ производства стекловолокна состоит в следующем: под действием центробежной силы струя расплава растекается более тонкими струями, которые затем вытягиваются в волокна. Производительность центрифугальной установки мала, и в конструктивном отношении этот способ недостаточно надежен, так как быстро срабатывают керамические вращающиеся диски.

Центрифугально-дутьевой способ в последнее время начали применять достаточно часто. Сущность его заключается в следующем: расплав стекломассы через отверстия в фидере вытекает струей в полый вертикально установленный вал машины. На нижнем конце вала закреплен распределитель и центрифугальная чаша, которые вращаются вместе с валом. Боковые стенки чаши имеют большое количество отверстий – фильер, через которые стекломасса продавливается в виде струек и вытягивается под действием центробежных сил. Поток газов транспортирует стекловолокно в камеру волоконоохлаждения, где оно оседает в виде ковра.

7.2. Оборудование для производства керамических изделий

В современном строительстве керамические изделия используют для возведения стен зданий, облицовки, в сборном домостроении и для других целей. Материал, из которого состоят керамические изделия, называют керамическим черепком. Основное сырье для производства керамических материалов и изделий – глины.

Основные этапы производства керамических изделий примерно одинаковы и включают следующее: добычу и складирование сырьевых материалов, подготовку пластичной массы, формование сырца, сушку, обжиг, упаковку и хранение на складе.

Глину для производства керамических изделий добывают от-

крытым способом экскаваторами. Промежуточный запас материала хранится на открытых и закрытых складах, оборудованных мостовыми кранами.

Формовочную массу готовят пластическим полусухим или мокрым (шликерным) способами.

Пластический способ предусматривает подготовку формовочной массы. Глину первично дробят в глинорыхлителе, который представляет собой самоходную тележку, совершающую возвратно-поступательные движения над ящичным подавателем. Рабочий орган глинорыхлителя – вращающийся вал с фрезами. Глину до мелких кусков (10 – 15 мм) дробят в дробилке. Измельченную глину и отошающие добавки дозируют для предварительного перемешивания в двухвальцевый смеситель.

Пластическим способом готовят сырьевую смесь для производства керамического кирпича, керамических камней.

Полусухой способ подготовки предусматривает грубое измельчение глины в стругачах, зубчатых или дезинтегральных вальцах. Затем ее сушат в прямоточном сушильном барабане, измельчают в дезинтеграторах или на бегунах сухого помола. Крупные фракции отделяют на вибрационных ситах и возвращают на повторное измельчение. Совмещать эти операции можно в одном аппарате – шахтной мельнице. Порошок для придания ему влажности, оптимальной для прессования, увлажняют в двухвальном лопастном смесителе.

Шликерный способ подготовки возможен в двух вариантах – беспрессовом и прессовом. При беспрессовом способе шликер готовят совместным или отдельным с последующим смешением помолов в водной среде глин и отошающих добавок. Он представляет собой однородную текучую массу влажностью до 60 %. Для получения прессового шликера глиняную смесь готовят обычным способом, затем его обезвоживают на фильтр-прессах, затем коржи вновь распускают в пропеллерных мешалках. Таким образом целесообразно получать пресс-порошок для производства тонкостенных плиток.

Керамические изделия формируют различными способами: пластическим, сухим и литья.

Пластический способ формования применяют при изготовлении изделий из пластичных глиняных масс с влажностью 18 ... 23 %. Этим способом изготавливают керамический кирпич, камни, черепицу. Большинство керамических изделий формуют в ленточных прессах.

Сухой способ формования применяют при изготовлении сырца прессованием рыхлых порошкообразных глиняных масс влажностью до 8 %. Изделия прессуют в металлических пресс-формах на рычажных или гидравлических прессах. Разновидность этого метода – полусухой способ, при котором сырец прессуют при влажности порошка 8 ... 12 %, что значительно сокращает затраты на его сушку.

Способ литья предусматривает предварительное измельчение исходных материалов и перемешивание с большим количеством воды (влажность получаемой смеси 40 ... 60 %) до получения однородной массы – шликера, который заливают в формы с пористыми стенками (например, гипсовыми). Избыточная влага впитывается в стенки формы. На них осаждается керамический черепок, который и является стенками формируемого изделия. Остаток шликера заливают в полученные формы и отправляют в сушилку.

Способ литья применяют для изготовления санитарно-технических керамических изделий. Керамические изделия необходимо сушить для придания изделию-сырцу механической прочности и подготовки его к обжигу. Сушат изделия конвективным или радиационным способами. При первом готовый продукт сушат при помощи дымовых газов или горячего воздуха, при втором – изделия воспринимают теплоту от нагретых поверхностей. Сушка керамических изделий может быть естественной и искусственной. Естественная сушка под навесами и в сушильных сараях не требует затрат топлива, но продолжается 10 ... 15 суток. На крупных заводах по производству керамических изделий применяют искусственную сушку в туннельных сушилках непрерывного действия.

Обжиг просушенных керамических изделий – завершающий этап производства, в результате которого изделие приобретает такие свойства, как плотность, прочность и др. Подъем при обжиге температуры до 200 °С вызывает медленное удаление свободной воды, так как при

интенсивном парообразовании сырец может разрушиться. С повышением температуры до 700 °С выгорают органические примеси, а керамическая масса теряет свои пластические свойства. При дальнейшем повышении (свыше 700 °С) ускоряется процесс спекания, образуется расплав, обволакивающий нерасплавившиеся частицы.

Процесс обжига делится на три периода: нагрев до заданной температуры, выдерживание при этой температуре и охлаждение.

Керамические изделия обжигают в кольцевых, туннельных и других печах. Кольцевая печь – это эллипсообразный замкнутый обжиговой канал, разделенный на условные камеры. Количество камер в кольцевой печи – от 16 до 36 в зависимости от ее производительности. Условные зоны располагаются в такой последовательности: загрузка, подсушка, подогрев, обжиг, охлаждение и выгрузка.

Керамзит – легкий пористый материал ячеистого строения в виде гравия (реже щебня), сырьем для производства которого служат легкоплавкие глины.

Процесс изготовления керамзита состоит из следующих основных операций: добычи глинистого сырья, его складирования и доставки к месту производства; переработки сырья и приготовления исходного полуфабриката – сырца, пригодного для обжига со вспучиванием; обжига и охлаждения керамзита; сортировки и при необходимости домола заполнителя; складирования и выдачи готового продукта.

Основное оборудование керамзитовых предприятий – оборудование для обжига. В настоящее время наибольшее распространение получил метод обжига керамзитового гравия в одно- и двухбарабанных вращающихся печах. Кроме того, осваивается промышленное производство керамзитового гравия и песка в печах кипящего слоя.

Достоинство вращающихся печей как аппаратов для вспучивания глинистых пород в том, что они позволяют получать заполнитель, зерновой состав которого в основном соответствует требованиям к заполнителю при изготовлении легких бетонов, поэтому после обжига, как правило, керамзит лишь сортируют и в отдельных случаях корректируют зерновой состав заполнителя. Тем самым в большинстве случаев сохраняется форма зерен и остается незатронутой дроб-

лением их спекшаяся шероховатая поверхностная корка, отличающаяся более высокой прочностью, чем вспученная масса внутри. Это повышает строительные качества заполнителя. Другое важное достоинство вращающихся печей состоит в том, что зерна материала в них вспучиваются в свободном объеме, не ограниченном стенками или неподвижной массой таких же зерен. Процесс может достигать самой высокой интенсивности, что позволяет получать весьма эффективные заполнители с объемным весом 200 – 500 кг/м³.

К недостаткам вращающихся печей помимо их низкой тепловой экономичности относится трудность обжига в них глинистых пород, обладающих слабой, а иногда и средней склонностью к вспучиванию, а также пород с малым интервалом вспучивания. Такие породы склонны к слипанию и образованию крупных спекшихся, а иногда сплавленных конгломератов материала («козлов»).

При обжиге керамзитового гравия во вращающихся печах важнейшим признаком для типизации керамзитового производства служат применяемые способы переработки сырья и приготовления полуфабриката. Опыт показал, что какого-либо универсального метода переработки глин и их грануляции в полуфабрикат, пригодный для вспучивания, не существует. Более того, способы изготовления полуфабриката, его размеры, форма, влажность и другие параметры могут и должны изменяться в зависимости от свойств употребляемого сырья.

Технологическая схема производства керамзита сухим способом включает следующее: добычу глинистой породы на карьере (экскаватор, самосвал); дробление камнеподобного или подсушенного глинистого сырья на крошку (валково-зубчатая дробилка, грохот), сортировку крошки; обжиг крошки со вспучиванием (вращающиеся печи); охлаждение керамзита (барабанный или слоевой холодильник); сортировку керамзита и корректировку его зернового состава (ситобурат, молотковая дробилка); складирование и выдачу готовой продукции.

Технологическая схема производства керамзита пластическим способом включает добычу глинистой породы; пластическую переработку увлажненного глинистого сырья и приготовление полуфабриката, пригодного для обжига со вспучиванием; обжиг полуфабриката;

охлаждение керамзита; сортировку и корректировку зернового состава керамзита; складирование и выдачу готового продукта. При пластическом способе производства керамзита в глиняную массу могут вводить добавки, повышающие склонность к вспучиванию исходного сырья, тогда как при сухом способе, когда полуфабрикат получают непосредственно из природной породы, это исключено. Цель переработки вспучивающихся однородных глинистых пород пластическим способом – их грануляция в полуфабрикат определенной формы размером 7 – 25 мм в поперечнике. Более тщательной переработки такому сырью не требуется, так как оно уже самой природой гомогенизировано, и химико-минералогические составляющие в нем распределены равномерно. Это обстоятельство значительно упрощает изготовление гранулированного материала из подобного сырья.

Комплект механизмов для переработки и приготовления гранулированного полуфабриката для неоднородного по составу пластичного, рыхлого сырья может в основном состоять из ящичного подавателя, вальцов грубого помола, глиномешалки, дырчатых вальцов.

Дырчатые вальцы для формирования гранулированного полуфабриката должны разрушать природную структуру, перетирать массу и гомогенизировать глинистые породы при их карьерной или формовочной влажности; формировать брикеты в виде цилиндров длиной 7 – 20 мм и примерно такого же диаметра; предохранять полученные брикеты от слипания в комья; самоочищаться при возможном налипании глины на внутренние поверхности валков без разрушения цилиндров; взаимозаменять секции обечайки в целях возможного регулирования зернового состава полуфабриката; обеспечивать непрерывность в работе для питания вращающейся печи в течение длительного периода времени, амортизацию при случайном попадании недробимых тел.

Гранулы окатываются в сфероиды в сушильных барабанах. Последние применяют для подсушки гранулированного материала и создания запаса полуфабриката перед обжиговыми печами в целях равномерного их питания. При применении сушилок полуфабрикат, высушенный до остаточной влажности 5 – 15 %, направляют в промежуточные бункера (силосы), а оттуда дозируют во вращающуюся печь.

В настоящее время широко применяют двухбарабанные печи для обжига керамзита, в которых материал сушится при нагреве до 200 – 600 °С. В этом случае для равномерного питания печей и ритмичной работы всего технологического потока целесообразно применять специальные глинозапасники переработанной глины, откуда при помощи механической выгрузки и гранулирующего устройства сырой полуфабрикат непрерывно подается печь.

Условия обработки материалов в барабанах позволяют использовать вращающиеся печи в качестве аппарата, в котором глинистое сырье гранулируется, формируются гранулы и окатываются в сфероиды, что исключает необходимость вести эти технологические операции до поступления материала в печь. Поэтому сырье перед подачей в печь перерабатывают в глиномешалках, на бегунах или других механизмах, после чего вальцами или другим механизмом его дозируют в печь, которая может быть снабжена цепями, дополнительно измельчающими комья. При вращении печи комья материала произвольной формы округляются и в виде сфероидов поступают в зону вспучивания. Разнообразные варианты производства пластическим способом различаются выбором оборудования и последовательностью его установки. Для максимального упрощения технологии и сокращения производственных операций следует выбирать наиболее простые схемы с минимальным количеством надежных механизмов для переработки сырья и приготовления полуфабриката.

В основном процесс получения керамзита из однородных глин пластическим способом должен свестись к обжигу карьерного сырья, дозируемого в печь механизмом типа вальцов, а из неоднородных – переработанного в глиномешалке и перерабатывающих дырчатых вальцах или на бегунах и гранулированного в формующих дырчатых вальцах.

Принципиальная технологическая схема производства керамзита мокрым способом включает следующие производственные операции: добычу глинистого сырья, приготовление глинистого шлама (пульпы) необходимой густоты; обжиг шлама со вспучиванием на керамзит, охлаждение керамзита, сортировку и корректировку зернового состава заполнителя, складирование, выдачу готового продукта.

Мокрый способ целесообразнее применять при использовании хорошо размокаемых глин с высокой склонностью к вспучиванию. При слабой и средней вспучиваемости исходное сырье обязательно обогащают эффективными добавками. Перерабатывают глину и готовят шлам на бегунах мокрого помола, причем шлам по своей консистенции приближается к сметанообразной массе. Переработанную и продавленную через отверстия в днище бегунов увлажненную массу направляют в печь, где под влиянием нагрева, воздействия гранулирующих устройств (цепи, крестовины) и перекачивания формируются гранулы размером примерно до 8 – 20 мм в поперечнике.

Приготовленный пластическим способом гранулированный полуфабрикат обычно имеет влажность в пределах 16 – 25 %. Несмотря на это, его не обязательно сушить перед обжигом. Объясняется это тем, что в технологии керамзита без ущерба для качества готового продукта глинистые материалы из хорошо вспучивающихся пород или обогащенных добавками можно обжигать не только при любой формовочной влажности, но и в виде шлама, где содержание воды достигает 40 – 60 %.

В последние годы все большее распространение получает наиболее прогрессивное направление, предусматривающее ступенчатый принцип термической обработки, – тепловую подготовку материала перед обжигом в запечных теплообменниках и вспучивание его в укороченных вращающихся печах. Гранулированный сырец сушат в барабанных сушилках, а также на специальных аппаратах конвейерного и других типов.

Сушильные барабаны представляют собой сварные или клепаные из котельной стали цилиндры длиной от 8 до 30 м, диаметром от 1 до 2,8 м, устанавливаемые на двух опорах с наклоном к горизонту 2,5 – 6°. Цилиндры вращает насаженная на них шестерня от редукторной или ременной передачи со скоростью 2 – 8 об/мин.

В зависимости от направления движения газов по отношению к материалу сушильные барабаны могут работать по принципу прямотока и противотока. Для лучшего перемешивания материала, удлинения его пути и увеличения поверхности теплопередачи в барабанных

сушилках изнутри встраивают пересыпающие устройства, выполняя их в виде лопастей, уголков, крестовин, ячеековых вставок и т.п. Степень заполнения сушильных барабанов увеличивают, устраивая со стороны выхода материала подпорные приспособления. Чем больше поверхность соприкосновения газов и материала, тем эффективнее он сушится.

Теплоносителем при сушке гранулированного глинистого материала служат отходящие из печи дымовые газы, температура которых при входе в сушильный барабан обычно не превышает 800 °С и может регулироваться добавкой наружного воздуха, смешиваемого с горячими газами.

Продолжительность сушки составляет 20 – 40 минут. Для каждого материала режим сушки устанавливают опытным путем. Остаточная влажность материала после сушки обычно колеблется в пределах от 7 до 15 %. Расход тепла в сушильных барабанах колеблется от 900 до 1 300 ккал на 1 кг испаренной влаги. К недостаткам барабанов как сушильного оборудования относятся низкий коэффициент полезного действия и высокая степень измельчения в них материала.

Вращающиеся печи, применяемые в производстве керамзита, подразделяются на однобарабанные, двухбарабанные, однобарабанные с расширенными зонами вспучивания и сушки.

Широко внедряются двухбарабанные печи. Конструкция этих печей включает два барабана: барабан предварительной тепловой подготовки длиной 29 м, диаметром 2,5 м и барабан вспучивания длиной 16 м, диаметром 3,4 м со скоростью вращения первого 1 – 2 об/мин и второго 2 – 5,5 об/мин. Производительность печи при обжиге сырья с влажностью 25 % составляет около 100 – 150 тыс. шт. /год.

7.3. Оборудование для производства силикатных изделий

Сырьевую смесь (силикатную массу) для производства силикатных изделий готовят из двух основных компонентов – молотой негашеной извести и кварцевого песка естественной крупности.

Процесс приготовления сырьевой смеси включает тщательное смешивание извести с песком и ее гашение. В результате реакции гашения (гидратации) получается сырьевая смесь, в которой частицы гидратной извести равномерно распределены между зернами песка. Большое влияние на качество силикатных изделий оказывает количество извести, содержащейся в сырьевой смеси и равномерность ее распределения в процессе приготовления.

Сырьевую смесь приготавливают двумя способами: барабанным и силосным. При барабанном способе известь и песок совместно загружают в гасильный барабан, где одновременно они перемешиваются, а известь гасится. Для ускорения процесса гашения извести в гасильный барабан подают насыщенный пар под давлением. Компоненты сырьевой смеси дозируют: песок – по объему, известь – по весу. Для этого применяют различные типы дозаторов. При силосном способе известь и песок дозируют по объему, предварительно перемешивают в смесителях и увлажняют, а затем погружают в силосы для гашения. Процесс гашения сырьевой смеси в силосах длится до 4 ч, после чего она перемешивается в одновальных смесителях и дополнительно увлажняется для придания формовочных свойств. Готовую сырьевую смесь по выходу ее из смесителей подают ленточным транспортером к прессам. Для взвешивания извести перед подачей в гасильный барабан применяется полуавтоматический дозатор. Воду на замес в гасильный барабан можно дозировать с помощью весового дозатора АВДЖ-425/1200. Песок дозируется по объему. Коэффициент заполнения гасильного барабана должен быть равным 0,55.

Отдозированные компоненты можно загружать в гасильный барабан двумя способами: в барабан загружают весь песок и всю известь или в барабан загружают 25 % песка, потом всю известь и затем остальной песок. При загрузке вторым способом смесь перемешивается лучше, но понижается коэффициент использования гасильного барабана по времени. Если перед гасильным барабаном установлен смеситель для предварительного смешивания песка и извести, то песок подают непосредственно в смеситель, а молотую негашеную известь. Отличительная особенность приготовления сырьевой смеси по силосному способу – увлажненная смесь извести с песком из смеси-

теля ленточным транспортером подается в силосы, где ее выдерживают в течение определенного времени. При этом смесь гасится, т.е. гидратируется и превращается в гидрат окиси кальция. Силос представляет собой цилиндрический сосуд высотой 8 – 10 м и диаметром 3,5 – 4 метра. В своей нижней части силос имеет конусообразную форму. Силос загружается с помощью тарельчатого питателя, который подает смесь на ленточный транспортер. При выдерживании в силосах сырьевая смесь часто образует своды. Причина этого – относительно высокая влажность смеси. Для облегчения разгрузки периодически включают вибратор, укрепленный на стенке силоса. Силосный способ приготовления смеси имеет значительные экономические преимущества перед барабанным, так как при силосовании смеси не расходуется пар на гашение извести. Готовую сырьевую смесь транспортируют в прессовое отделение с помощью ленточных транспортеров. Силикатный кирпич формуют из сырьевой смеси на прессах. По конструкции и принципу действия прессы делятся на три типа: револьверные с периодическим вращением стола и односторонним прессованием; рычажные с двусторонним одноступенчатым прессованием; ударные с двух- и трехступенчатым односторонним прессованием. В основном на заводах силикатного кирпича установлены прессы СП-2, СП-5, СМ-67, СМ-481. Основная модель – пресс СМ-2, а остальные отличаются от него незначительно.

Прессы СП–2 относятся к типу прессов с поворотным револьверным столом. Они характеризуются периодическим вращением стола и односторонним ступенчатым прессованием. Пресс СП-2 представляет собой трехпозиционный револьверный полуавтомат. В одной позиции две пресс-формы наполняются сырьевой смесью, во второй – кирпич формируется прессованием и в третьей – выталкиваются два сформованных кирпича.

Для того чтобы придать силикатному кирпичу необходимую прочность, его подвергают автоклавной обработке – обрабатывают насыщенным паром под повышенным давлением в три стадии. Первая стадия начинается с момента впуска пара в автоклав и заканчивается, когда температуры изделия и пара одинаковы. Вторая стадия – стадия твердения изделия, когда в автоклаве поддерживается постоянное давление и температура. Третья стадия (заключительная) – с

момента, когда в автоклав пар не поступает, изделие остывает, до выгрузки готового кирпича. Роль пара при автоклавной обработке сводится к сохранению воды в сырце в условиях высоких температур. С момента, когда в автоклаве достигнута наивысшая температура (180 °С), в кирпиче развиваются процессы, ведущие к образованию монолита. В производстве силикатного кирпича применяют автоклавы длиной от 17 до 24 м, диаметром 2 м, толщина стенок – 14 – 15 мм. Автоклавы работают под давлением 8 – 12 атм. Для компенсации температурных деформаций корпус автоклава устанавливается на фундаментных столбах на опоры, одна из которых закрепляется неподвижно. Внутри автоклава проходит рельсовый путь для вагонеток с кирпичом. Пар из котельной или центральной тепловой магистрали выходит через отверстие в днище или в середине автоклава. Труба расположена по всей длине автоклава параллельно рельсовому пути. В нижней части трубы предусмотрен ряд отверстий для выхода пара в автоклав. Для уменьшения потерь тепла в окружающую среду поверхность автоклава и паропроводов покрывают теплоизолирующими материалами. Крышки автоклавов закрываются и открываются при помощи кранбалок, электролебедок и поворотных кранов-укосин. Вагонетки с кирпичом вытаскивают из автоклава при помощи троса и лебедки на выгрузочную площадку перед ним и оставляют до полного остывания.

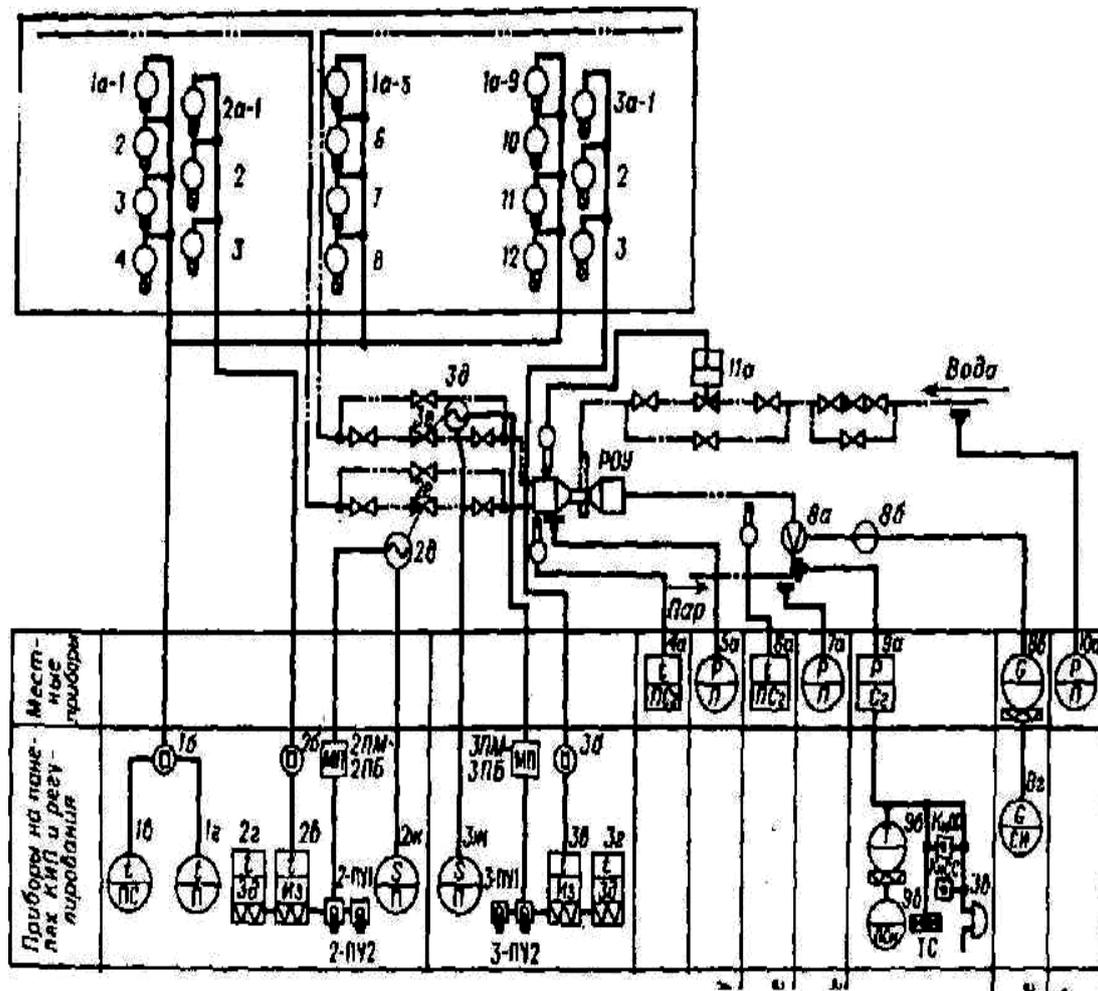
Контрольные вопросы

1. Схема получения минеральной ваты.
2. Сырье для производства стекловолокна и способы его получения.
3. Основные этапы производственного процесса подготовки глины для выпуска керамических изделий.
4. Способы изготовления керамзита и используемое при этом оборудование.
5. Устройство пресса для прессования силикатной массы при производстве силикатного кирпича.

Раздел 8. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ

8.1. Автоматизация камер ускоренного твердения

Камеры ускоренного твердения (КУТ) применяют в конвейерном производстве для тепловлажностной обработки изделий из бетона или керамзитобетона. Различают двух- и четырёхстопные камеры. Принципиальная технологическая схема автоматизации тепловой обработки в камере ускоренного твердения стеновых изделий приведена на рисунке.



*Принципиальная технологическая схема автоматизации тепловой
обработки изделий в камере ускоренного твердения*

Температура пара и паровоздушной смеси в КУТ контролируются с помощью термометров сопротивления, электронного самопишущего 12-точечного моста, электронного однотоочечного показывающего моста и ведётся в девяти точках, расположенных по три по вертикали в центре и по краям камеры (см. рисунок). Такое расположение точек позволяет получить ясную картину распределения пара и паровоздушной смеси в камере.

С помощью кнопочных переключателей термометры сопротивления переключаются с записи температуры на показание. Если нажата кнопка переключателя, то выбранный с её помощью термометр сопротивления подключается к показывающему прибору. Остальные термометры остаются включёнными на самопишущий мост. Для контроля расхода пара в КУТ используется мембранный дифманометр, а также электронный самопишущий прибор с интегратором. Дистанционные указатели положения служат для контроля положения регулирующих клапанов. Давление пара в редуционно-охладительной установке (РОУ) и паропроводе, а также давление воды, поступающей на охлаждение пара, контролируется с помощью манометров. Для измерения температуры пара в РОУ и в паропроводе используются манометрические сигнализирующие термометры. В случае, если понижается давление пара в паропроводе ниже нормы или пар вообще отсутствует, срабатывает сигнализатор падения давления, зажигается световое табло (ТС) и включается звонок. Кнопка КнСС предусмотрена для снятия звукового сигнала, а КнОС – для опробования сигнализации.

При наличии аварийной ситуации включается электроимпульсный счётчик, который учитывает время отсутствия пара или низкое его давление.

Камера имеет большую протяжённость, поэтому могут использоваться две независимые системы регулирования температуры в КУТ: одна – в зоне подъёма, другая – в зоне опускания изделий.

Процесс регулирования происходит следующим образом. При отклонении температуры, величина которой измеряется термометром сопротивления или, от заданной величины электронный регулирующий

прибор или через магнитный пускатель 2ПМ–2ПБ или 3ПМ–3ПБ или воздействует на исполнительный механизм, сочлененный с регулирующим клапаном. Клапан меняет подачу пара в КУТ на соответствующем паропроводе.

С помощью ключа 2–ПУ1 или 3–ПУ1 возможен переход с автоматического управления клапаном на дистанционное с помощью ключа 2-ПУ2 или 3-ПУ2.

Температура пара стабилизируется в редукционно-охладительной установке с помощью регулятора прямого действия типа (РПД) 11а. РОУ в данном случае используется в качестве охлаждающей установки, так как редукция пара в ней не производится. Для охлаждения пара в РОУ впрыскивается вода.

8.2. Автоматизация ямных пропарочных камер

Такие камеры принадлежат к наиболее распространенным установкам тепловлажностной обработки железобетонных изделий. Каждый из 12 регуляторов имеет свой задатчик – копир, который вырезается в соответствии с желаемым графиком температурного режима тепловлажностной обработки. Изделия обрабатывают паром при давлении $0,6 - 0,8 \text{ кгс/см}^2$, для чего на общей паровой магистрали устанавливается регулирующий клапан прямого действия, который поддерживает давление пара в заданных пределах.

Если давление пара падает до $0,4 \text{ кгс/см}^2$, необходимо внести поправку в продолжительность процесса тепловлажностной обработки на время нарушения нормального парового режима. С этой целью устанавливается сигнализатор падения давления, который отключает электропитание регулятора. Вместе с этим включается счетчик учета времени простоя ямных камер из-за снижения давления пара. Кроме того, режим изменения температуры в каждой ямной пропарочной камере записывается в ходе технологического процесса на диаграмме двенадцатиточечного электронного моста.

Комплект приборов, состоящий из диафрагмы, разделительного сосуда, дифманометра и вторичного показывающего и самопишущего прибора, учитывает общее потребление пара блоком ямных камер.

Датчик температуры и регулятор температуры соединены между собой трехпроводной линией. Разрывная мощность контактов выходной цепи регулятора температуры не более 200 В·А, а мощность тягового электромагнита исполнительного вентиля достигает 600 В·А, поэтому вентилем в автоматическом режиме управляют с помощью мощных контактов промежуточного реле. В схеме предусмотрены автоматический и дистанционный режимы работы, которые выбираются с помощью переключателя.

Для сигнализации оператору о включении схемы в автоматическом режиме работы служит лампа 1–ЛС1, (см. рисунок) а лампа 1–ЛС2 служит для сигнализации об окончании цикла тепловлажностной обработки. Лампы 1–ЛС3 и 1–ЛС4 через контакты и вентили сигнализируют о его состоянии (открыт– закрыт).

При работе электромагнитного вентиля с защелкой возможна «пульсация якоря». Это явление заключается в том, что, если якорь не встанет на защелку и под действием возвратной пружины опустится, то катушка тягового электромагнита снова окажется под током, якорь опять начнет подниматься, и этот процесс может многократно повторяться. Реле времени устраняет это явление. Кнопкой в дистанционном режиме или контактом реле в режиме автоматики через контакт вентиля включается реле времени, через контакты которого подается питание на тяговую катушку вентиля. Вентиль, открываясь, разрывает цепь питания катушки реле времени контактом. Однако тяговая катушка получает питание еще некоторое время (0,5 – 1 с), которого достаточно для надежного включения вентиля. Для его отключения подается напряжение на электромагнит защелки.

Если давление пара ниже допустимой величины $0,4 \text{ кгс/см}^2$, замкнутый при нормальном давлении пара контакт сигнализатора падения давления размыкается. Реле замыкает свои нормально замкнутые контакты, включает аварийную световую и звуковую сигнализацию и с помощью датчика импульсов – счетчик учета времени отсутствия пара. Кнопка КНОС снимает звуковой сигнал, а кнопка КНОС опробирует схему сигнализации (см. рисунок).

8.3. Автоматизация тепловлажностной обработки изделий в кассетных машинах

Наибольшее распространение в промышленности сборного железобетона получили кассетные установки конструкции НИАТ и Гипростроммаша, предназначенные для изготовления панелей жилых домов. Тепловая обработка изделий в установках осуществляется при помощи специальных отсеков (паровых рубашек), между которыми размещается изделие. В кассетных установках НИАТ каждое изделие заключено между тепловыми отсеками. В установках Гипростроммаша между соседними тепловыми отсеками размещается два или более изделий, разделенных стальными листами. Бетонная смесь в кассетных машинах находится в замкнутом пространстве (открытыми остаются от 1,5 до 6 % поверхности), что позволяет вести интенсивную тепловую обработку, не опасаясь быстрого испарения влаги и образования трещин.

В кассетных установках тепловая обработка изделий осуществляется контактным способом, т.е. тепло паровоздушной среды от стенок рубашек передается изделиям, что создает хороший тепловой контакт между ними. Для придания отсекам механической прочности внутри них устанавливаются ребра жесткости. Разность температур в различных точках по длине и высоте изделия в период подъема температуры достигает 35 °С. Устранить это явление позволяет оснащение кассетных установок эжекторами.

Благодаря установке эжектора, обеспечивающего усиленную циркуляцию паровоздушной смеси, ее температура по плоскости рубашек выравнивается. Это позволяет установить датчик температуры автоматической системы контроля и регулирования теплового процесса обработки изделий в кассетных установках на коллекторе отсасываемой смеси.

Для стабилизации давления пара общий трубопровод обычно закольцовывают. О падении давления пара информируют датчики давления типа ДЦ, которые устанавливаются на общем трубопроводе.

Световая сигнализация служит для оповещения об окончании

очередного цикла работы каждой кассетной машины или об аварийном состоянии электромагнитных вентилях.

8.4. Автоматизация линий раздачи бетонной смеси и подачи цемента

Система управления линией раздачи бетонной смеси выполняется по схеме автоматической адресации и обеспечивает раздачу бетона на посты формирования по командам оператора, на пульт которого дополнительно выводится сигнализация запрашиваемых марки бетона и числа замесов непосредственно с постов формирования.

Склад цемента, как и склад заполнителей, оснащен большим количеством механизмов и элементов автоматики и является также проточно-транспортной системой.

Специализированная автоматизация склада цемента требует учета целого ряда специфических его свойств, среди которых можно отметить текучесть, повышенную способность к схватыванию при увлажнении, абразивность и т.д.

В прирельсовых складах цемента вагоны подтягиваются к приемному устройству с помощью вагонов бункерного типа и разгружаются непосредственно в приемный бункер. Из крытых вагонов цемент разгружается пневморазгрузчиком в зависимости от вместимости склада.

8.5. Использование роботов и манипуляторов в производстве неметаллических строительных изделий и конструкций

При изготовлении железобетонных изделий применяют манипуляторы и роботы для выполнения различных операций.

Штамповка закладных деталей – один из близких к машиностроению процессов, который наиболее полно поддается процессу роботизации.

В арматурных работах на операциях транспортирования, укладки,

резки и сварки арматурных стержней и каркасов применяют различные манипуляторы.

Арматурные каркасы транспортируют и укладывают манипуляторами при изготовлении каркасов сравнительно небольших размеров по аналогии с горизонтальной установкой СМЖ-54Б и вертикальной установкой СМЖ-56В. Вместо консольных кранов в этих установках применяют манипуляторы, которые снижают трудоемкость и облегчают труд рабочих.

При *резке арматуры* манипуляторы подводят перерезаемый стержень к зеву ножниц, вводят разрезаемый стержень в зев ножниц, выводят полученную заготовку за габариты станка для разрезки, укладывают заготовки и обрезки в контейнеры.

При *сварке арматуры* используют подвесные сварочные машины с клещами КТМ-8-1, К-243В. Для работы с ними целесообразно применять манипуляторы шарнирно-балансирного типа. Клещи устанавливают в рабочем органе манипулятора, который воспринимает массу машины и позволяет легко управлять ими и сваривать арматуру.

При открывании и закрывании форм и завинчивании резьбовых соединений также используют манипуляторы. В последнем случае рабочим органом служит гайковерт. Оператор держит манипулятор за рукоятку управления, подводит гайковерт к винту и завертывает резьбовое соединение.

При выбраковке, например, тротуарных плит манипулятор оснащают захватом, который удерживает их. Оператор с помощью манипулятора берет с конвейера готовую плиту, осматривает ее, визуально определяя дефекты. Кондиционную продукцию складывают в один контейнер, бракованную – в другой.

Для максимальной роботизации производства железобетонных изделий проводят комплекс работ в двух направлениях: использовании серийно выпускаемых средств роботизации и разработки специальных манипуляторов и роботов.

Серийно выпускаемые манипуляторы намечается применять при очистке антикоррозионного покрытия закладных деталей, отделке поверхностей и формовании. С помощью робота типа «Циклон» или

других, в которых захват имеет несколько степеней подвижности, очищают и наносят антикоррозионное покрытие на закладные детали. Робот берет ее из магазина, перемещает в зону пескоструйного аппарата, манипулирует ею (вращает и перемещает) для обработки всех поверхностей и складывает в магазин обработанных деталей. В результате пескоструйной обработки детали становятся чистыми с шероховатыми поверхностями, что улучшает сцепление со слоем антикоррозионного покрытия, в качестве которого применяют металлизацию – нанесение сжатым воздухом слоя расплавленного цинка или алюминия.

Антикоррозионное покрытие наносят следующим образом. Робот в соответствии с картой технологического процесса принимает из магазина закладную деталь, поступившую с пескоструйной обработки. Затем он переносит ее в зону нанесения расплавленного металла и в соответствии с технологическими командами от системы управления манипулирует деталью. После нанесения покрытия робот укладывает деталь в магазин готовой продукции.

Процесс пескоструйной обработки и нанесения антикоррозионного покрытия осуществляют в автоматическом режиме. Поверхности железобетонных изделий отделяют с помощью разных манипуляторов. Ручные машины для зачистки и окраски поверхностей железобетонных изделий устанавливают в рабочем органе манипулятора. Управляя им, оператор защищает и окрашивает поверхности.

Формование – важнейший технологический передел, определяющий производительность всей линии, конвейера и завода в целом. Оно связано с выполнением следующих операций: укладки арматурных каркасов, закладных деталей, проемообразователей, укладки бетона, его разравнивания и уплотнения. Часть этих работ можно выполнять манипуляторами и роботами.

Транспортирование и раздачу бетонной смеси целесообразно роботизировать при подаче ее по трубам на заводах, изготавливающих детали кассетным способом. Роботизированный комплекс состоит из питателя, бетоновода, манипулятора-раздатчика. Питатель бетононасосом подает бетонную смесь в бетоновод, который состоит из звеньев. Манипулятор-раздатчик в зависимости от применяемой системы

управления выдает бетонную смесь в формы-кассеты в ручном или автоматическом режиме.

Складские работы могут быть автоматизированы с помощью манипуляторов грузоподъемностью до 25 т. Они заменят на заводах железобетонных изделий мостовые краны. Этими манипуляторами будут управлять операторы.

Манипулятором можно заглаживать поверхности изделий, укладывать облицовочные плитки. Манипулятор снимает изделие и передает его на склад.

Контрольные вопросы

1. Принцип работы камеры ускоренного твердения.
2. Принцип работы ямных пропарочных камер.
3. Применение и использование манипуляторов в производств.
4. Неметаллические строительные изделия и конструкции.

Раздел 9. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

Работоспособность техники обеспечивает правильная организация ее эксплуатации и ремонта.

Эксплуатация техники включает ее подготовку к использованию, техническое обслуживание, хранение, транспортирование и использование по назначению.

Подготовка машин к использованию включает монтаж, проверку их перед началом работы (контрольный осмотр), пуск двигателя и др.

Техническое обслуживание (ТО) представляет собой комплекс операций, предназначенный для поддержания машин в исправном и работоспособном состоянии. Исправным называется состояние машины, когда она отвечает всем требованиям технической документации. Работоспособной называют машину, которая выполняет все свои функции, но имеет мелкие неисправности.

Хранение машины – содержание неиспользуемой машины в технически исправном состоянии, обеспечивающее быстрый ввод в работу.

Транспортирование машин – перемещение их своим ходом или на транспортных средствах к месту использования или хранения.

Ремонт техники – комплекс операций по восстановлению исправности или работоспособности машин и восстановлению ресурса машин или их составных частей.

9.1. Основные вопросы технической эксплуатации машин

Существенное влияние на производительность машин и их отдачу оказывает организация обслуживания и ремонта техники, направленная прежде всего на сокращение простоев техники из-за неисправностей и отказов. Причиной появления последних могут быть низкая надежность машины, ее износ, недостаточная квалификация машини-

ста, использование машины не в соответствии с ее паспортными характеристиками.

Надежность машины – способность сохранять значения паспортных характеристик при ее использовании в различных условиях. При выборе машины для выполнения работ следует учитывать ее надежность, так как машина, не обладающая достаточной надежностью, будет часто выходить из строя, нарушать строительный процесс и требовать больших затрат на ремонт. Следует отметить, что обеспечение конструктивной надежности стоит достаточно дорого, поэтому в случае выбора машины необходимо находить разумный компромисс между стоимостью машины, возможными потерями от ее простоя и затратами на ремонт. В результате использования техника изнашивается, сокращается ее ресурс, который поддерживается техническим обслуживанием и текущим ремонтом и восстанавливается проведением капитального ремонта.

Однако наступает такой момент, когда поддержание и восстановление работоспособности машины становится технически сложным или экономически нецелесообразным. В этом случае наступает предельное состояние машины. Время до наступления предельного состояния машины называется сроком службы машины.

Различают нормативный и физический срок службы. *Нормативный срок* службы определяется амортизационными отчислениями, которые должны погасить первоначальные затраты, *физический срок* – целесообразностью поддержания работоспособности машины, т.е. ее долговечностью. По ГОСТу, долговечность – свойство машины сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технических обслуживаний и ремонтов.

Существуют различные системы организации технических обслуживаний и ремонтов. Первоначально, когда машин было мало и они не являлись определяющими в строительном процессе, применялась заявочная система: машину ставили на ремонт при ее поломке (отказе) без проведения профилактических работ. Эта система не обеспечивала плановость, соседний агрегат мог сломаться после ремонта вышедшего из строя.

В 1930-е годы появилась планово-предупредительная система, идея которой заключалась в проведении профилактических работ с целью предупредить возможные отказы машин. Эта система во многом устраняет недостатки заявочной системы. Планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта техники (система ППР) имеет несколько вариантов.

Первый вариант – послеосмотровая система ППР, которая применялась в СССР в конце 1940-х годов. Планировалось через определенное время проводить осмотры машины, по результатам которых назначались объем и время выполнения ремонтных работ. Визуальная оценка состояния машины не всегда позволяла получить данные о фактической потребности в ремонте. Вторым вариантом – предупредительная система ППР. Техническое обслуживание и ремонты проводятся через заданные промежутки времени и наработки машины в моточасах. Объем технического обслуживания определяется заводскими инструкциями, объем текущего ремонта – фактической потребностью. Эта система оказалась наиболее распространенной, но она имеет свои недостатки: не полностью учитываются различия в условиях эксплуатации машин, отсюда, не предусматривается корректировка состава технического обслуживания. Третьим вариантом ППР – система стандартных ремонтов. В отличие от второго варианта при ремонте предусматривается замена стандартных комплектов деталей и агрегатов. Система обеспечивала высокую готовность парка машин, но была достаточно дорогостоящей, так как заменялись агрегаты, не вырабатывавшие фактический ресурс, при составлении комплектов не учитывались конкретные условия работы машин и разный износ деталей при этом.

Система стандартных ремонтов ранее широко применялась для строительных машин в Минэнерго и Минтрансстрое, в настоящее время используется только при ремонте самолетов и некоторых видов военной техники. Все шире применяется организация обслуживания и ремонта машин на основе технической диагностики. Система повторяет послеосмотровую систему, но на более высоком уровне. Применение технической диагностики позволяет устанавливать необходи-

мый объем работ при техническом обслуживании, сроки и объем выполнения ремонтных работ, а также поддерживать машины в исправном состоянии при меньших затратах, сокращает простои машин, дает возможность планировать объем ремонтных работ и загрузку мастерских. Применение диагностики позволяет также определять причины появления неисправностей и отказов, прогнозировать ресурс машин.

9.2. Организация системы планово-предупредительного ремонта машин и оборудования

Применяемая в России система ППР включает ежесменное (ежедневное) техническое обслуживание, периодическое техническое обслуживание (ТО-1, ТО-2, ТО-3), сезонное техническое обслуживание (СО), текущий (ТР) и капитальный (КР) ремонты. Существует также понятие среднего ремонта (СР), представляющего собой более объемный вид текущего ремонта. Весь объем предыдущего технического обслуживания входит в объем следующего по номеру ТО.

Конкретный перечень работ при ТО определяется конструкцией машины и содержится в заводских инструкциях. Вместе с тем можно выделить и типовые работы ТО. При ежесменном (ежедневном) ТО выполняют следующие работы:

- очищают машины от пыли и грязи;
- осматривают и устраняют подтекание масла и рабочей жидкости гидросистемы;
- проверяют работу машины и ее агрегатов;
- проверяют состояние крепежных деталей;
- смазывают в соответствии со схемой смазки.

При ТО-1 выполняются все работы ТО и проводят техническое диагностирование (Д-1). На основании результатов технического диагностирования выполняют регулировочные работы, смазывают и дозаправляют машины маслами и специальными жидкостями, сливают отстой из фильтров и баков, проверяют уровень электролита в аккумуляторных батареях, давления в шинах, доводят их до нормы, заме-

няют быстроизнашивающиеся детали (зубья ковшей и т.п.) и проводят необходимые ремонтные работы. Состав работ при ТО-2 включает работы ТО-1 и дополнительные работы, проводимые на основании более углубленной диагностической проверки (Д-2). Сезонное обслуживание совмещается с одним из номерных обслуживаний. При нем проводят работы, связанные с подготовкой к следующему сезону: заменяют масла и рабочие жидкости на зимние (летние), регулируют электрооборудование на зимний или летний период, заправляют системы охлаждения антифризом, подзаряжают аккумуляторные батареи на зимний период, устанавливают утеплительные чехлы и отопительные устройства и другие работы.

Работы ТО проводит машинист на месте работ или на эксплуатационной базе (базе механизации). Для ТО-1 и ТО-2 машин используют средства мастерских эксплуатационных баз или подвижные мастерские при обслуживании стационарно установленных машин (башенных и козловых кранов, гусеничных экскаваторов и т.п.). Для осуществления мероприятий системы ППР при обслуживании парков машин используют целый комплекс средств, включающий подвижные и стационарные мастерские. Подвижные мастерские подразделяются на мастерские для технического обслуживания и для ремонтных работ. Мастерские ТО осуществляют механизированные смазочно-заправочные операции, в состав звеньев ТО входят специалисты-наладчики, выполняющие необходимые регулировки, звенья ТО выполняют также мелкие ремонтные работы. Мастерские для ремонтных работ могут ремонтировать стационарно установленные или малоподвижные машины, а также разворачиваться на отдаленных объектах для обслуживания и ремонта обособленной группы машин, например на транспортном строительстве, при сооружении газопроводов и линий электропередач.

Основной объем работ по обслуживанию и ремонту выполняется на эксплуатационных базах (базах механизации). Техническое обслуживание выполняется в профилакториях, имеющих специализированные посты – диагностические, смазочно-заправочные, обслуживания и ремонта электрооборудования и гидроаппаратуры, наладки прибо-

ров безопасности грузоподъемных кранов и т.п. Наличие специализированных постов существенно повышает качество обслуживания техники за счет более высокой квалификации ремонтников, работающих на этих постах, сокращается трудоемкость ТО и сроки пребывания в нем.

Текущий ремонт машин выполняют в мастерских баз, где создают посты для ремонта основных агрегатов машин – двигателей, гидроагрегатов, электрооборудования, коробок перемены передач и редукторов, рабочего оборудования. Объем текущего ремонта может уточняться с помощью технического диагностирования. Капитальный ремонт машин или их агрегатов выполняют на ремонтных заводах или в ремонтно-механических мастерских строительных организаций.

Контрольные вопросы

1. Что такое техническое обслуживание?
2. Что такое ремонт?
3. Что такое диагностирование?
4. Кем может выполняться техническое обслуживание машин?
5. В чем сущность системы ППР?
6. Какие разновидности ремонта предусмотрены в системе ППР?
7. Какие структуры могут осуществлять ТО и ремонт машин?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК*

1. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Ч. 1. – М.: Недра, 1971.
2. *Андреев, С.Е.* Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / С.Е. Андреев, В.В. Зверевич, В.А. Петров. – М.: Недра, 1966.
3. *Ильевич, А.П.* Машины и оборудование заводов по производству керамики и огнеупоров / А.П. Ильевич. – М.: Машиностроение, 1968.
4. *Касаткин, А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М.: Химия, 1971.
5. *Веригин, Ю.А.* Строительные машины / Ю.А. Веригин. – Барнаул: Изд-во Ал ГТУ, 2000. – 141 с.
6. *Кудрявцев, Е.М.* Комплексная механизация строительномонтажных работ / Е.М. Кудрявцев. – М.: Высш. шк., 2008. – 268 с.
7. Российская энциклопедия самоходной техники. – М.: Просвещение, 2001. – 406 с.
8. Строительные краны / под ред. О.Н. Красавикова, И.В. Иванова. – М.: ГАСУ, 2007. – 247 с.
9. *Сафонов, В.Н.* Основы технологических производств дорожностроительных материалов / В.Н. Сафонов. – Томск: ТГАСУ, 2006. – 343 с.
10. *Емельянова, И.А.* Машины и оборудование для возведения зданий и сооружений из монолитного бетона / И.А. Емельянова. – Харьков: Факт, 2005. – 376 с.
11. *Гергиберт, О.А.* Технология бетонных и железобетонных изделий / О.А. Гергиберт. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1971. – 360 с.
12. *Китайцев, В.А.* Технология теплоизоляционных материалов / В.А. Китайцев. – М.: Стройиздат, 1970.
13. *Ким, Б.Г.* Механизация строительства, организация диагностирования строительных и дорожных машин: сб. докл. Госстроя России / Б.Г. Ким. – М., 2004.
14. *Он же.* Методика установления потребности в комплектации диагностического оборудования парков машин / Б.Г. Ким // Материалы международной конференции. – Бишкек, 2009.
15. *Жив, А.С.* Жилые дома в г. Владимире со стенами по системе «Термомур» / А.С. Жив, В.В. Мохов, Д.О. Заломин // Журнал ПГС. – Вып. 5. – 2005.
16. Строительные машины: учеб. пособие / под ред. Б.Г. Кима.

* Печатается в авторской редакции.

Учебное издание

КИМ Борис Григорьевич
ЖИВ Александр Семенович
ТУР Наталия Николаевна
и др.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ПРОИЗВОДСТВА НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

Учебное пособие

Подписано в печать 14.11.11.
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 12,56. Тираж 100 экз.
Заказ
Издательство
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.