



А.Н. Стрельников

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Кызыл
2018

ТУВИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

А. Н. Стрельников

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Учебно-методическое пособие

КЫЗЫЛ
2018

УДК 621.926/.927(075.8)
ББК 386-5 я 73
С84

Печатается по решению УМС ТувГУ
от _____ 2018 г.

А.Н. Стрельников, к.т.н., ст. преподаватель кафедры
«Промышленное и гражданское строительство»

Рецензенты

Б.К. Кара-сал. д.т.н., проф. Тувинского государственного университета,
Б.В. Руднев. Генеральный директор ОАО «Тывагражданпроект»

Стрельников А.Н.

Технологическое оборудование для измельчения строительных материалов : учеб.-метод. пособие / А. Н. Стрельников. – Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2018. – 54 с.

В учебном пособии представлены систематизированные теоретические основы рабочих процессов, приведены необходимые формулы расчета основных параметров машин, особенности их устройства и рабочего процесса и рассмотрены наиболее типовые схемы и конструкции машин. Приведен свод требований охраны труда и экологической безопасности окружающей среды при эксплуатации конструкций машин и оборудования. Подготовлено для студентов, магистрантов и аспирантов, занимающихся проблемами строительного материаловедения.

Оглавление

Введение	4
1. Теоретические основы обработки строительных материалов	5
2. Оборудование для измельчения строительных материалов.....	6
2.1. Дробилки щекового типа	6
Вопросы для самоконтроля	10
2.2. Дробилки конусного типа.....	10
Вопросы для самоконтроля	13
2.3. Дробилки ударного воздействия.....	14
Вопросы для самоконтроля	21
2.4. Валковые дробилки	21
Вопросы для самоконтроля	24
2.5. Бегуны.....	24
Вопросы для самоконтроля	26
2.6. Автоматизирование дробильно-сортировочных заводов	26
2.7. Специфика использования дробильного оборудования	28
3. Машины для помола. Типизация	29
3.1. Мельницы барабанного типа.....	29
Вопросы для самоконтроля	37
3.2. Мельницы с увеличенной быстротой перемещения мелющих механизмов	37
3.2.1. Шаровые кольцевые мельницы.....	37
3.2.2. Мельницы валкового типа	38
3.2.3. Ролико-маятниковые мельницы.....	38
3.2.4. Мельницы ударного воздействия.....	39
Вопросы для самоконтроля	41
3.3. Мельницы сверхтонкого помола.....	41
3.3.1. Мельницы вибрационного типа	41
3.3.2. Мельницы струйного типа.....	43
Вопросы для самоконтроля	44
Рекомендуемый список литературы	45
Приложение 1. Задание для расчета щековых дробилок.....	46
Приложение 2. Задание для расчета конусных дробилок.....	47
Приложение 3. Задание для расчета роторных дробилок.....	48
Приложение 4. Задание для расчета валковых дробилок	50
Приложение 5. Задание для расчета бегунов.....	51
Приложение 6. Задание для расчета шаровых мельниц	52

Введение

Приоритетной задачей современного экономического и социального развития России является радикальное наращивание технического уровня производства его реконструкция и технического перевооружение на базе динамичного технологического продвижения. На основании вышеизложенного, усиление приоритетных позиций машиностроения должны рассматриваться в качестве первоочередных мер, направленных на развитие наиболее важных народнохозяйственных комплексов, в том числе строительно-индустриальных.

В отрасли спецмашиностроения намечается концепция на производство аппаратов и оборудования способствующей ощутимо увеличить уровень технического перевооружения, в строительстве позволяющий значительно сократить применение немеханизированного труда.

Обеспечить выпуск комплектов машин, средств механизации и инструмента, необходимых для комплексной механизации строительных процессов.

Сегодняшний специалист-строитель обязан владеть информацией по ноу-хау существующих и перспективных машин и оборудованию в промышленности строительных материалов, эффективным сферам их использования, базовыми расчетами, и экономической целесообразностью.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Размельчение - операция методичного измельчения осколков крепкого вещества от начальных размеров до требуемых.

Распадение горных пластов, при воздействии внешних силовых факторов осуществляется главным образом по дестабилизированным профилям, трещинам и другим поврежденным местам при переходе за границу крепости.

Размельчение подразделяется на раздробление, когда конечное вещество обладает размерами больше 5 мм, и размол, габаритные размеры не превышают 5 мм.

В соотношении от способа деструкции тел используются последующие виды размола: излом (рис. 1.1, а), истирание (рис. 1.1, б), удар (рис. 1.1, в), раскалывание (рис. 1.1, г) раздавливание (рис. 1.1, д). Приведенные виды размола проявляются как для раздробления, так и для помола и сочетаются друг с другом, к примеру, (рис. 1.1. б, г) и (рис. 1.1. б, в, д) [2,7,8].

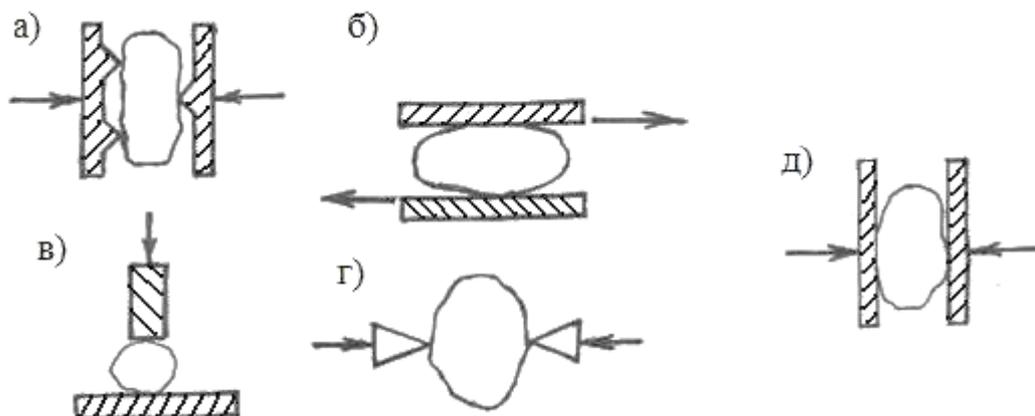


Рис. 1.1. Способы дробления:

а – излом; б – истирание; в – удар; г – раскалывание; д – раздавливание.

Степень размельчения (раздробления) i , определяется отношением средних размеров вещества в начальный и конечный процесс размельчения: $i = D_{cp} / d_{cp}$, которая доходит 980 и предопределяется структурно-механическими особенностями и габаритами вещества и типом размольного оборудования. Дробление бывает крупное ($d_{cp} = 90 \dots 320$ мм), среднее ($d_{cp} = 50 \dots 90$ мм) и мелкое ($d_{cp} = 5 \dots 50$ мм).

В современных дробилках степень дробления составляет 25- 50.

Размол вещества бывает грубый ($d_{cp} \geq 0,1$ мм), тонкий ($d_{cp} = 0,1 \dots 0,05$ мм) и сверхтонкий ($d_{cp} < 0,05$ мм) и осуществляется на различном помольном оборудовании.

При размельчении вещества до требуемых размеров необходимо затратить некоторый объем энергии, зависящий от вида размельчения, габаритных размеров вещества и прочности.

На данный момент имеется ряд теоретических оценок расхода энергии при размельчении вещества [7,8].

В 1867 г. П. Риттингер опубликовал предположение о том, что при размельчении вещества необходимо затратить определенное количество энергии, которая эквивалентна новой образованной поверхности:

$$A = K \cdot \Delta S, \quad (1)$$

где K - коэффициент пропорциональности; ΔS - приращение поверхности.

Данное предположение возможно при мелком раздроблении вещества,

в силу малой ошибки в оценивании затрат энергии при размельчении. Затруднительность определения коэффициента пропорциональности не дало возможности практического применения данной гипотезы.

В 1874 г. В. Л. Кирпичев и Ф. Кик в 1874 г. предложили предположение, о том, что энергия, которая требуется для подобной перемены геометрии тел, пропорциональна их объему или массе тел:

$$A = K_1 \cdot \Delta V, \quad (2)$$

где K - коэффициент пропорциональности; ΔV - приращение объема.

Согласно закону Гука работа деформации определяется по формуле 3.

$$A_{\text{деф}} = G^2 V / 2 E, \quad (3)$$

где G - напряжение; V - объем тела, подвергающегося деформации;

E - модуль упругости.

Если принять допущение в том, что до разрушения материала определяется по формуле

$$K_1 = G^2 / 2 \cdot E, \quad (4)$$

то работа деструкции пропорциональна работе сил разрушения. Данное предположение обрело название закона Кирпичева-Кика и может быть применимо для крупного и среднего раздробления.

В формуле, предложенной П. Ребиндером в 1940 г., работа на разрушения материала определяется суммой работ затраченной на деструкцию и создание новейших плоскостей:

$$A = K_2 \cdot \Delta V + K_3 \cdot \Delta S, \quad (5)$$

где K_2, K_3 - коэффициенты пропорциональности;

ΔV - приращение объема;

ΔS - приращение поверхности.

При проектировании аппаратов для размельчения используются различные характеристики материалов: предел прочности при сжатии и растяжении, модуль упругости, хрупкость, абразивность, размоловоспособность.

По твердости $G_{\text{сж}}$ (кН/см²) горные породы разделяются:

- особо твердые ($G_{\text{сж}} > 24$);
- твердые (12...23);
- средней твердости (7..14);
- малой твердости ($G_{\text{сж}} < 7$).

2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для дробления горных пород гранитов, базальтов, габбро, доломитов, известняков, песчаников в нерудной промышленности строительных материалов применяются следующие типы дробилок: щековые, конусные, ударного действия и реже валковые.

Современные конструкции дробилок, применяемые при производстве нерудных строительных материалов, имеют следующие степени дробления: конусные и щековые дробилки крупного дробления $i = 4 \dots 6$; щековые дробилки со сложным движением щеки среднего дробления $i = 3 \dots 7$; среднего дробления конусные дробилки $i = 2 \dots 5$; мелкого дробления при работе в открытом цикле $i = 5 \dots 7$; в замкнутом цикле с грохотом $i = 4 \dots 9$. Для дробилок ударного действия степень дробления составляет $i = 11 \dots 35$ [1,2,3].

Для правильного выбора типа дробилок для дробления горных пород определенных физико-механических свойств необходимо знать технические характеристики, конструкцию и область рационального их применения.

2.1. ДРОБИЛКИ ЩЕКОВОГО ТИПА

В промышленности строительных материалов щековые дробилки используются в основном для крупного и среднего раздробления твердых материалов с пределом прочности при сжатии $G_{\text{сж}} \leq 330$ МПа. Основным типоразмером щековой дробилки, являются ширина и длина приемного отверстия $B \times L$ (мм). Значение B определяет максимальную крупность D_{max} загружаемого материала, т. е. $D_{\text{max}} \leq 0,85B$. L является характеристикой загружаемого материала.

В соответствии с параметрами $B \times L$ (мм) щековые дробилки имеют следующий размерный ряд: 160x250, 250x400, 250x900, 400x600, 400x900, 600x900, 900x1200; 1200x1500 и 1500x2100. Важными параметрами щековых дробилок можно назвать следующие характеристики: угол захвата α (угол между дробящими щеками); параметры разгрузочной щели b , определяющий крупность готового продукта; движение подвижной щеки S ; число качаний подвижной щеки n и размеры камеры раздробления H .

В соответствии с конструктивными особенностями, щековые дробилки разделяются на две основные группы: с простым и со сложным движением перемещающейся щеки (см. рис. 2.1, а, б) [1,2,3,9].

Ход верхней части перемещающейся щеки у дробилок с простым движением в три раза меньше, чем у дробилок со сложным движением, что указывает на их различие в производительности. Повышенный износ рабочих органов у дробилок со сложным движением перемещающейся щеки больше в

10 ... 15 раз, чем у дробилок с простым движением, что ограничению их применения при дроблении абразивных и высокопрочных твердых материалов.

В щековых дробилках процесс раздробления материала производится за счет раздавливания и истирания. Вследствие клинообразной формы камеры раздробления материал располагается следующим образом: крупный - вверху, мелкий - внизу. При перемещении перемещающейся щеки к неподвижной, ход сжатия, материал раздробляется, а при удалении, холостой ход, под действием силы тяжести перемещается вниз и выгружается через выходную щель и такой цикл работы возобновляется.

Для первичного дробления прочных горных пород большой крупности предназначены щековые дробилки с простым движением перемещающейся щеки. Дробилки со сложным движением перемещающейся щеки имеют меньшую массу и габаритные размеры, рациональны в эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте.

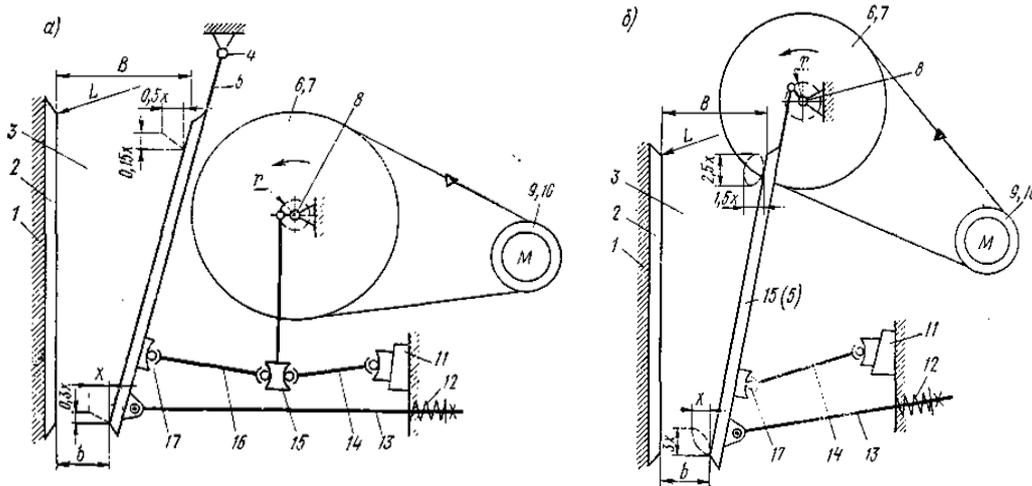


Рис. 2.1. Кинематические схемы щековых дробилок с простым (а) и сложным (б) движением перемещающейся щеки

1 - неподвижная щека; 2 - дробящая плита; 3 - боковая стенка; 4 - ось подвески подвижной щеки; 5 - перемещающаяся щека; 6 - шкив; 7 - маховик; 8 - эксцентриковый вал; 9 - ведущий шкив; 10 - электродвигатель; 11 - регулировочное устройство; 12, 13 - пружина и тяга замыкающего устройства; 14, 16 - распорные плиты; 15 - шатун; 17 - опоры качения.

Конструктивные особенности

Щековая дробилка для крупного дробления с простым движением перемещающейся щеки представлена на рис. 2.2. Эта типовая конструкция российских и зарубежных дробилок для крупного раздробления и имеет только отличительные особенности в размерах и малозначительном изменении отдельных механизмов [1,2,3,9].

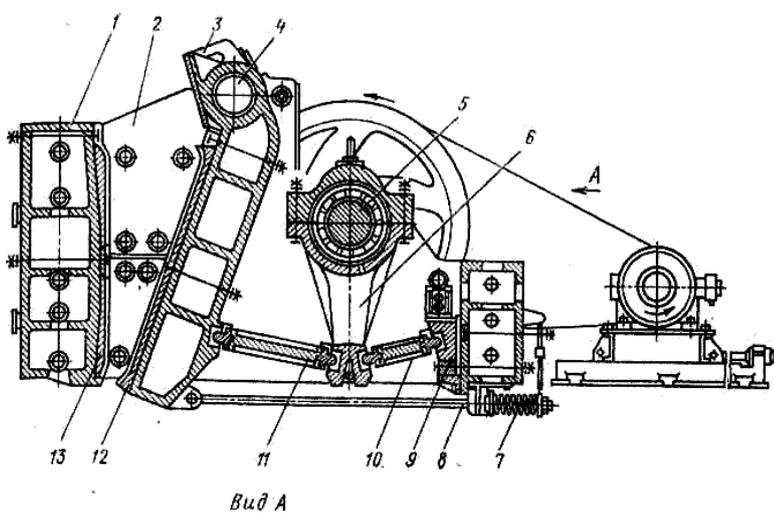


Рис. 2.2. Дробилка щекового типа для крупного дробления

Основание дробилки 1 выполнена подобно цельной массивной стальной конструкции, которая должна обеспечивать жесткость всей конструкции при значительных усилиях, появляющихся в процессе дробления прочных материалов. Основные подшипники закреплены в выемках боковых стенок станины эксцентрикового вала 5. Сплошной шатун 6 подсоединен на эксцентричной части вала, в низу которого имеются пазы для монтажа сухарей, служащие опорными поверхностями для передней 11 и задней 10 распорных плит.

Оригинальные подшипники

качения применены для коренных и шатунных подшипников, удерживающие значительные меняющиеся нагрузки.

Вследствие, присутствия холостого хода и хода сжатия цикличность работы щековой дробилки вызывает неравномерную нагрузку на приводной двигатель. Для выравнивания этой скачкообразной перегрузки на один конец эксцентрикового вала насажен шкив-маховик **15**, на другой - маховик **16**, которые накапливают энергию в процессе холостого хода и выдают ее при цикле сжатия.

Муфта **14** служит для сцепления шкива-маховика с валом. Если крутящий момент превысит расчетный, шкив-маховик может свободно проворачиваться, благодаря бронзовым втулкам, расположенным меж валом и ступицей шкива-маховика. Данная конструкция муфты и свободная посадка шкива-маховика на вал не дают возможности поломки деталей дробилки при перегруженности, что служит защитным устройством, обеспечивающим безаварийную работу дробилок.

Стальная отливка перемещающейся щеки **3** выполняется коробчатого сечения, и закреплена на оси **4**, концы которой закреплены в подшипниках с бронзовыми вкладышами в верхней части боковых стенок станины. Передняя распорная панель упирается в сухари, установленные в нижней части щеки, задняя распорная панель упирается в сухарь регулировочного устройства **9**. При значительном износе опорных поверхностей распорных панелей в конструкции предусмотрены сменные наконечники. Тяга **8** и пружина **7** служат для силового замыкания звеньев механизма привода перемещающейся щеки.

Дробящие панели, которые непосредственно соприкасаются с дробимым материалом, устанавливают на недвижимую **13** и перемещающуюся **12** щеки, которые являются основными сменными рабочими элементами щековых дробилок. Камера раздробления формируется между рабочими плоскостями дробящих панелей и боковыми стенками станины. Выходящая часть боковых стенок станины в камеру раздробления, футеруется сменными плитами **2**. Дробящие панели крупных щековых дробилок сборные, которые состоят из отдельных частей и крепятся к щекам при помощи болтов с потайными головками. Аналогичное крепление осуществляется при боковом креплении футеровочных панелей.

Размеры выходной щели определяют крупность продукта дробления и производительность дробилки. Увеличение ширины выходной щели, по мере изнашивания дробящих плит, приводит к её регулированию, что связано с необходимостью её поджатия. Это производится на щековых дробилках крупного дробления монтажом меж упора **9** и задней стенкой станины дополнительных прокладок различны по толщине. В конструкциях отдельных дробилок смонтирован гидравлический домкрат, посредством которого упор совместно с распорными плитами и нижним концом шатуна, подвижной щекой отходит от станины для установки требуемого количества прокладок, затем понижают давление в домкрате и упор придвигается к прокладке.

Для щековых дробилок, особенно крупных, процесс пуска затруднен, вследствие преодоления большой инерции конструкции, поэтому применяют электродвигатель повышенной мощности. Следует отметить, что при рабочем режиме КПД электродвигателя используется только на 45-55% от номинальной, что существенно снижает функциональные характеристики дробилки. При этом двигатель большой мощности не обеспечивает запуска щековой дробилки при загруженной камере дробления. Продолжительные простои в эксплуатации дробилок были вызваны также случайной остановкой дробилки с загруженной камерой дробления, так как перед пуском камеру дробления приходилось очищать от материала.

На рис. 2.3 представлена схема вспомогательного привода для щековых дробилок крупного дробления.

Посредством клиноременной передачи с ведущим валом зубчатого редуктора **2** соединен дополнительный электродвигатель незначительной мощности **1**. Обгонная муфта **3**, смонтированная на ведомом валу редуктора, связанного клиноременной передачей со шкивом-маховиком дробилки **5** и со шкивом главного электродвигателя **4**.

В зависимости от типа дробилок мощность электродвигателя составляет от 8 до 16 кВт. Вспомогательный привод механизма дробилки служит для первоначального пуска с одновременным включением главного электродвигателя и автоматически отключается, при большей частоте вращения вала главного электродвигателя. Передаточное отношение вспомогательного привода составляет 1:100.

Технология вспомогательного привода для щековых дробилок представлена на рис. 2.3.

Присутствующего в конструкциях на российских дробилках предохранителей фрикционного типа со вспомогательным приводом существенно повысили их функциональные характеристики. Зарубежные типы дробилок таких достоинств не имеют [10,12].

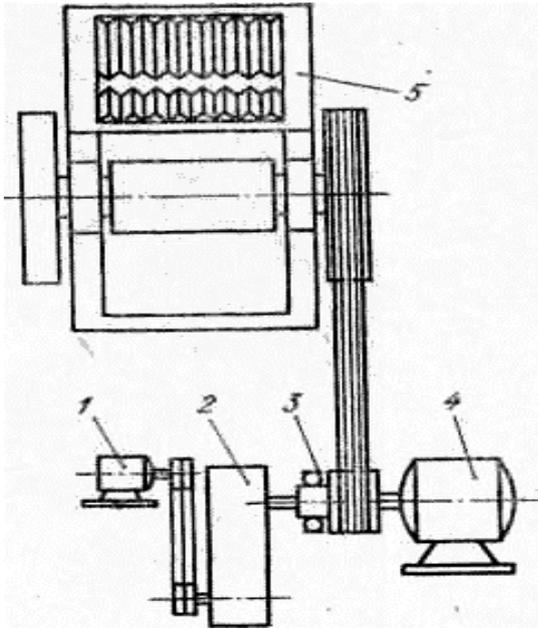


Рис. 2.3. Технология вспомогательного привода для щековых дробилок

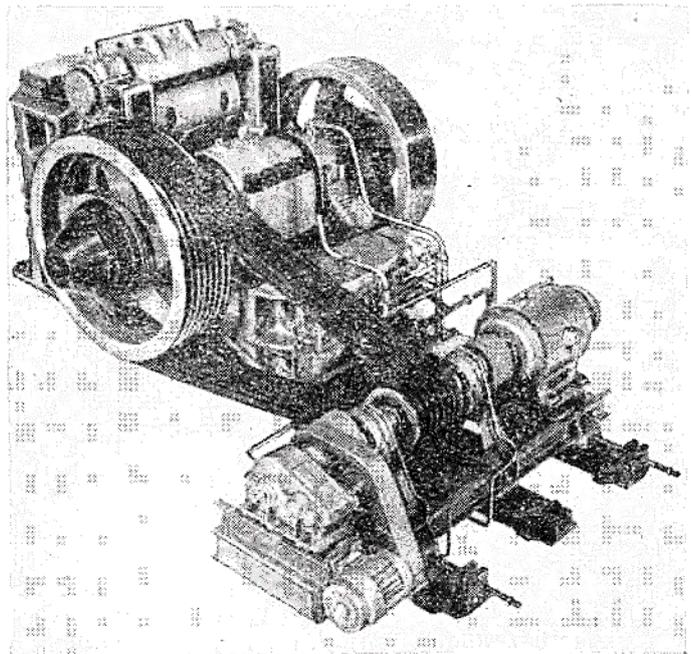


Рис. 2.4. Общая картина щековой дробилки

Щековая дробилка со сложным движением перемещающейся щеки представлена на рис. 2.5.

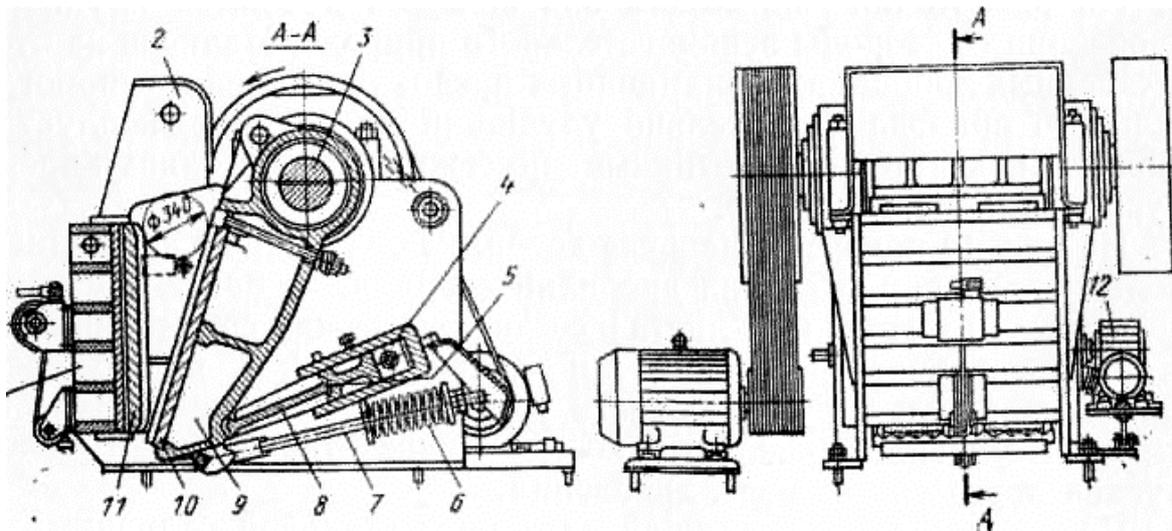


Рис. 2.5. Конструкция щековой дробилки со сложным движением щеки

Боковые стенки станины дробилки, выполняются сварными из листовой стали, соединенные меж собой передней стенкой коробчатого сечения **1** и задней балкой **4**, которые являются исправляющим механизмом. Для предотвращения вылета кусков породы из камеры дробления предусмотрен защитный кожух **2**, установленный над приемным отверстием.

На эксцентричной части приводного вала **3** прикреплена перемещающаяся щека **9**, изготовленная в виде стальной отливки, в нижней части которой выполнен паз, для установки сухаря, служащим упором для распорной панели **8**. Распорная панель другим концом упирается в сухарь корректирующего механизма **5** с клиновым устройством. Тяга **7** и цилиндрическая пружина **6** служат замыкающим устройством. Операция натяжки пружины закрепляется гайкой. При цикле хода сжатия пружина сжимается и содействует возвращению щеки, что дает возможность постоянного плотного стыкования звеньев шарнирно-рычажного механизма (регулирующего устройства, распорной панели, перемещающейся щеки).

Дробящую панель **10** закрепляют на косой выступ в нижней части перемещающейся щеки. В верхней части панель закрепляется болтами с потайными головками и клиньями. Для исключения

поперечного смещения дробящая панель придерживается приливом, входящим в паз панели на перемещающейся щеке.

Выступ передней стенки станины, выполненный внизу, служит для упирания неподвижной дробящей панели **11**, а по бокам она зажимается футеровками, изготовленными клиновидной формы. К стенкам станины верхние части боковых футеровок закрепляются посредством болтов с потайными головками.

Нижняя часть неподвижной панели для щековых дробилок со сложным движением подвижной щеки имеет интенсивный износ, поэтому, эта конструкция изготавливается симметричной формы с вероятным поворачиванием ее на 180°, что увеличивает срок эксплуатации на 200%

Процесс управления регулировочным механизмом на российских дробилках возможен вручную, так и с помощью электродвигателя **12** (см. рис. 2.5), связанного посредством редуктора с болтом **4**, делая возможным функционирование дробилки в автоматическом режиме, и позволяя на расстоянии корректировать параметры выходной щели. Важнейшие параметры российских дробилок представлены в табл.1 [1,2,3,9,10].

Основные параметры щековых дробилок

Таблица 1.

Показатели	Со сложным движением					С простым движением		
	ЩДС 1,6x2,5	ЩДС 2,5x4	ЩДС 2,5x9	ЩДС 4x9	ЩДС 6x9	ЩДП 9x12	ЩДП 12x15	ЩДП 15x21
Наибольшая крупность исходного материала, мм	130	210	210	310	500	750	1000	1300
Угол захвата град. не более	15	16	16	18	19	20	20	20
Номинальная выходная щель, мм	30	40	40	60	100	130	150	180
Производительность на номинальной щели, м ³ /ч	3,0	7,8	18	30	62	180	310	600
Мощность электродвигателя, кВт	7,5	17	40	40	75	100	160	250
Масса дробилки без электродвигателя. т	1,37	2,56	8,0	12,0	20	75	145	260
Габаритные размеры, м								
длина	0,88	1,33	1,67	2,14	2,83	5,0	6,4	7,5
ширина	1,07	1,25	2,1	2,14	2,28	6,0	6,8	7,0
высота	1,085	1,435	1,6	2,0	2,4	4,0	5,0	6,0

Вопросы для самоконтроля

1. Какими способами производится дробление материала в щековых дробилках?
2. Какие важные параметры щековых дробилок?
3. Какие исходные данные для расчёта щековых дробилок?
4. Когда возможно дробление материала в щековых дробилках?
5. Когда возможно дробление материала в щековых дробилках?

Пример расчета основных параметров щековой дробилки и задание для самостоятельного выполнения приведено в приложении 1.

2.2. ДРОБИЛКИ КОНУСНОГО ТИПА

Область применения, конструктивные особенности и типы

К высокопроизводительным конструкциям при обработке разнообразных скальных пород на всех этапах дробления следует отнести дробилки конусного типа. Конусные дробилки по функционированию подразделяют на дробилки крупного (ККД), среднего (КСД) и мелкого (КМД) дробления.

Основной характеристикой дробилок ККД производительностью 160-2800 м³/ч являются размеры приемного отверстия и, в соответствии с типоразмером могут перерабатывать куски горной породы размером 420-1260 мм, иметь выходную щель от 80 до 280 мм.

Российская промышленность, в зависимости от ширины приемного отверстия, производит

последующий тип дробилок ККД: 500, 900, 1200, 1500 мм. Основным показателем дробилок КСД и КМД является диаметр основания подвижного конуса и с соответствующим типоразмером 600, 900 мм (КСД); 1200, 1750, 2200 мм (КСД и КМД). Ведутся научно-технические работы по производству дробилок с диаметром конуса 2600 и 3200 мм.

В конусных дробилках КСД производительностью 20-600 м³/ч. с размером выходной щели 12 - 100 мм возможно дробление кусков материала от 80 до 280 мм. В конструкциях КМД производительностью 25-200 м³/ч. выходная щель составляет от 4 до 18 мм при возможности дробления материала размером 35-120 мм. На обогатительных предприятиях используют дробилки конусного типа крупного дробления. Конусные дробилки среднего и мелкого раздробления применяют при производстве щебня, гравия, песка. В конструктивном исполнении данные типы дробилок отличаются незначительно [2,5,6].

Основные параметры конусных дробилок КСД и КМД представлены в табл. 2, 3.

Основные параметры конусных дробилок среднего дробления

Таблица 2.

Показатель	КСД-600Т	КСД-600Гр	КСД-900Гр	КСД-1200Т	КСД-1200Гр	КСД-1750Т	КСД-1750Гр	КСД-2200Т	КСД-2200Гр
Производительность, м ³ /ч	5-15	19-40	36-55	42-95	77-115	100-190	170-320	180-360	360-610
Диаметр основного подвижного конуса, мм	600	600	900	1200	1200	1750	1750	2200	2200
Наибольший размер загружаемого материала, мм	40	60	100	100	150	160	200	250	300
Размер выходной щели, мм	5-15	12-35	15-40	10-25	20-50	15-30	25-60	15-30	30-60
Частота вращения эксцентриковой втулки, об/с	6,1	6,1	5,5	4,5	4,3	4,3	4,3	4,0	4,3
Мощность электродвигателя, кВт	30	30	55	75	75	160	160	250	250
Масса без электродвигателя, т	5	5	12,5	22	22	55	55	100	100

Основные параметры конусных дробилок мелкого дробления

Таблица 3.

Показатель	КМД-1200Т	КМД-1200Гр	КМД-1750Т	КМД-1750Гр	КМД-2200Т	КМД-2200Гр
Производительность, м ³ /ч	25-40	30-50	85-110	95-130	170-220	220-250
Диаметр основного подвижного конуса, мм	1200	1200	1750	1750	2200	2200
Наибольший размер загружаемого материала, мм	40	80	70	100	80	110
Размер выходной щели, мм	3-12	5-15	5-15	9-20	5-15	10-20
Частота вращения эксцентриковой втулки, об/с	4,3	4,3	4,3	4,3	4,0	4,0
Мощность электродвигателя, кВт	75	75	140	140	250	250
Масса без электродвигателя, т	22	22	55	55	100	100

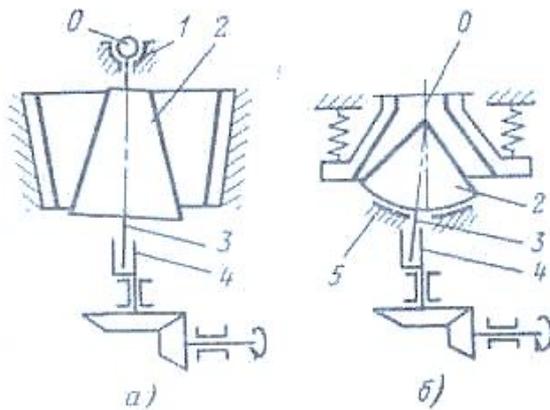


Рис. 2.6. Технологии конусных дробилок:

a - крупного дробления; *б* - среднего и мелкого дробления

Конусные дробилки грубого и тонкого дробления, представленные в табл. 2,3, имеют отличительные формы и размеры камеры дробления. В конусных дробилках камера дробления образуется двумя усеченными конусами, вмонтированными друг в друга. Неподвижный конус футеруется с наружной поверхности, а подвижный конус – с внутренней. Протекание деструкции материала в конусных дробилках производится дробильной камере, образованной двумя коническими плоскостями, из которых одна неподвижная, а другая перемещающаяся.

На рис. 2.6 *a, б* представлены технологии конусных дробилок крупного, среднего и мелкого дробления .

Конструктивные особенности конусных дробилок крупного дробления

Конусная дробилка ККД представлена на рис. 2.7. Камера дробления представлена двумя коническими поверхностями, противоположно направленными вершин. которых. Вследствие этого, достигается значительный диапазон между дробящими конусами вверху у загрузочного отверстия, что позволяет производить загрузку и дробление крупных частей материала. Данный тип дробилок носит название дробилки длинноконусные.

Станина дробилки **1** имеет мощное основание, на которую монтируется корпус, представленный верхней **3** и нижней частью **2** скрепленный болтами. Футеровка внутренней полости корпуса, создаваемая дробящую плоскость неподвижного конуса, производится вставными панелями **4** из стали с высоким содержанием марганца.

Траверса **5** соединена к фланцу верхней части корпуса, лапы которой предохранены от истирания вставными панелями **6**. Узел подвески вала подвижного конуса, размещенный в середине траверсы, оберегается вверху колпачком **7**.

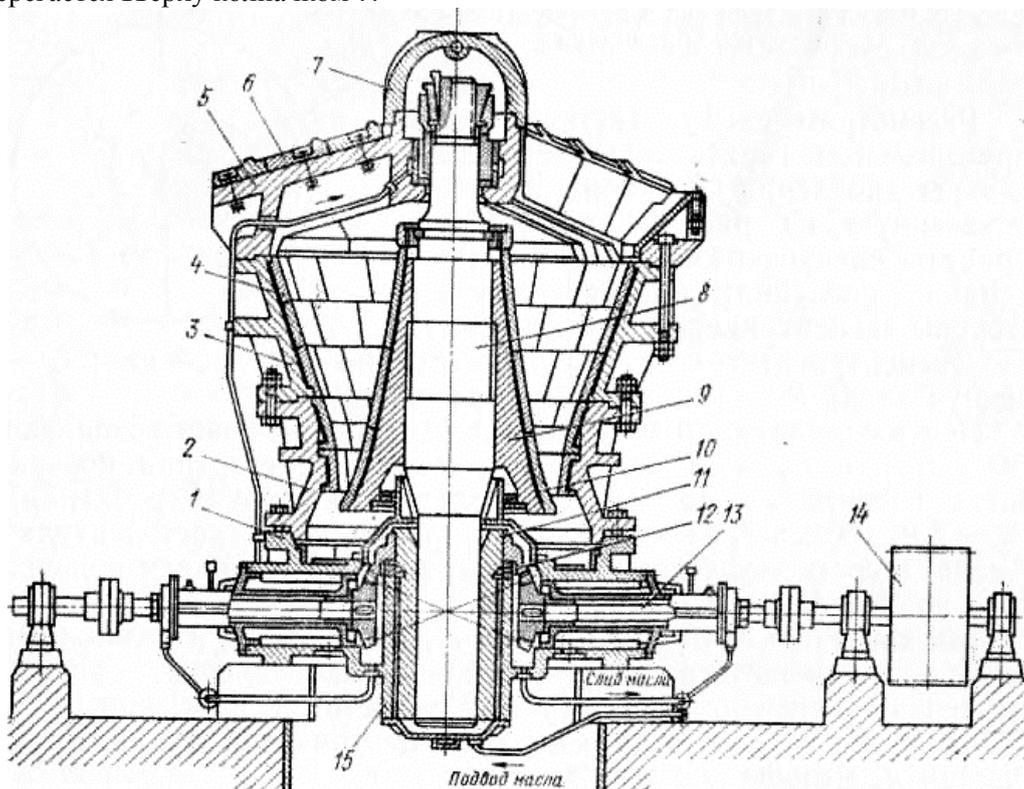


Рис. 2.7. Конусная дробилка для крупного дробления (ККД)

Движущийся конус **9** насажен с натягом на главный вал дробилки **8**, облицованным вставным дробящим конусом **10** из стали с высоким содержанием марганца, образующую дробящую плоскость движущего конуса.

В стакан эксцентрика **15**, помещенный в центральной части низа станины вмонтирована эксцентриковая втулка **11**, ось трубчатой внешней поверхности которой сходится с вертикальной осью дробилки. Конструкция втулочки содержит трубчатую косую проточку, в которую вводится нижняя часть вала движущегося конуса, а сверху конец вала одношарнирно прикреплен к узлу подвеса.

Конусообразная шестеренка **12**, закрепленная с эксцентриковой втулкой, имеет соединение с конической шестеренкой вала привода **13**, связанного посредством муфты с приводным колесом **14**.

Наиболее критическим местом дробилки представляется эксцентриковое соединение, принимающее большие перегрузки. Для создания стандартных условий эксплуатации и обеспечения микроскольжения наружную поверхность эксцентриковой втулки заливают баббитом.

В процессе вращения движущего вала конуса ось эксцентриковой втулки обрисовывает конусообразную сферу, вершина которой расположена в точке подвеса. Для конусных дробилок крупного дробления угол гирации равен примерно 33 мин.

В сравнительных характеристиках различных конусных дробилок среднего дробления, следует отметить, что дробилки двухопорные обладают с дробилками с консольным валом соответствующими достоинствами:

- наилучшее размещение загрузки, и как следствие, увеличение напряжения разделения;
- намного круче, в конструктивном исполнении камеры дробления (угол наклона составляющей с основанием конусной части $50-65^\circ$), что снижает трение материала о футеровку при продвижении его в нижнюю часть и повышает КПД установки.

С целью ограничения момента от консольной нагрузки конструкции дробилок с консольным валом имеют острый угол наклона образующей (до $38-44^\circ$).

Следует признать, что дробилки с двумя опорами движущего конуса более сложные, чем с консольным валом, и высокогабаритные, и их применение обосновано только при крупном дроблении. Для дробилок среднего и мелкого дробления не целесообразно такое конструктивное решение.

Следует отметить тот факт, что при использовании гидравлики увеличивает безопасность работы предохранительных механизмов и совершенствует процесс корректирования размера выпускного отверстия, делая ее более адаптированной при работе в автоматическом режиме. Приведенное такое конструктивное решение, является высокоперспективными.

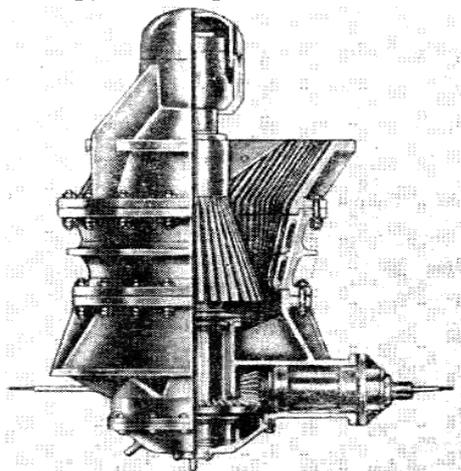


Рис. 2.8. Общий вид щеково-конусной дробилки «Эш-Верке»

Не так давно получила общеизвестность производимая фирмой Kcipr дробилка для крупного дробления типа «Эш-Верке», представленная на рис.2.8 [2,3,9,10].

Данный тип дробилки принято называть щеково-конусными, вследствие конструктивного исполнения расширенного в верхней части в месте загрузки приемного отверстия. Такое конструктивное решение в дробилке «Эш-Верке»

позволяет дробить более массивные части исходного продукта, чем в типичных дробилках, а по ходу движения разделяемого вещества вниз он располагается по круговому периметру и нижняя часть дробилки работает, как типовая конусная дробилка, что значительно увеличивает уровень дробления.

Вопросы для самоконтроля

1. Какими способами производится дробление материала в конусных дробилках?
2. Какие степени дробления имеют конусные дробилки среднего дробления?
3. Какие степени дробления имеют конусные дробилки мелкого дробления при работе в открытом цикле?
4. Какие степени дробления имеют конусные дробилки мелкого дробления при работе в замкнутом цикле с грохотом?

Пример расчета основных параметров конусных дробилок и задание для самостоятельного выполнения приведено в приложении 2.

2.3. ДРОБИЛКИ УДАРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Для крупного, среднего и мелкого дробления малоабразивных материалов малой и средней твердости ($G_{сж} < 210$ МПа) используют дробилки ударного воздействия. При производственной потребности, данный тип дробилки, может быть, применим в обработке материалов обладающих повышенной твердостью. Процесс разрушения материала в дробилках ударного действия осуществляется механическими ударами рабочих органов, в результате, которого энергия материала переходит в энергию деформирования и развала. Усилия дробления определяются силами инерции массы материала, в отличие от рассмотренных выше дробилок. В основном, дробилки ударного действия используют при измельчении слабоабразивных материалов (мергеля, каменной соли, известняка, угля). Иногда, в силу производственной необходимости, дробилки ударного воздействия применяют в обработке материалов с обладающих повышенной твердостью и истираемостью (доменных шлаков, асбестовой руды) [1,2,3,9,12].

Характерными технико-экономическими характеристиками данных типов дробилок являются:

- значительный уровень дробления $i = 45$, что дает возможность понизить количество ступеней дробления;

- высокая эффективность;
- незначительный расход металла и энергопотребления;
- элементарностью конструкции и практичность техобслуживания;
- более высокой кондицией готового продукта по внешнему виду частиц.

Дробилки ударного воздействия классифицируют на молотковые и роторные, в зависимости от конструкции центрального агрегата ротора.

Конструкции роторных дробилок, обладающие массивным ротором, на который твердо установлены периодически сменяемые била из высокоизносостойкой стали используют для первоначального дробления массивных частей твердых пород. Отличительной особенностью и название дробилки вызвано тем, что разрушаемый материал принимает удары от нетто-массы ротора. В дробилках молоткового типа раздробление производится воздействием кинетической энергии молотков, закрепленных одношарнирно к ротору, конструктивная особенность которых и установила их название.

Процесс дробления в дробилках ударного воздействия состоит из следующих операций: дробимый материал загружают в верхнюю часть дробилки, который перемещается по желобу и поступает под действие бил или молотков, мгновенно крутящегося ротора. В ходе удара молотком или биллом материал распадается, и его отдельные части разлетаются широким сектором на отражающие отбойные панели футеровки или колосники, образующие камеру раздробления. Сталкиваясь о футеровку и отражаясь от нее, в дополнение материал измельчается. Это повторяется неоднократно, пока кусочки вещества, дойдя до необходимой объемности, не проникнут сквозь разгрузочное отверстие в колосниковой решетки на отгрузку.

При внецентренном ударе материал, начинает вращаться со скоростью около 35 м/с, соизмеримой со скоростью рабочего механизма дробилки. Возникающие напряжения в куске материала от действия центробежных сил порядка $G_p \approx 9 - 10$ МПа превосходят запас прочности на растяжение для большинства скальных пород, что вызывает разрушение.

На основании вышеизложенного, можно констатировать, что в дробилках ударного действия материал измельчается в процессе удара о стремительно вращающиеся рабочие органы машины и неподвижную футеровку камеры дробления, и при воздействии центростремительных сил.

Технологии молотковых и роторных дробилок представлены на рис. 2.9 *а-в*. Предназначение различных типов дробилок вызвало разнообразие технологий. Однороторные дробилки, представленные на рис. 2.9, *а* являются более применимыми. Дробилки двухроторные одноступенчатого типа дробления (см. рис. 2.9, *б*) используют с целью высокой эффективности. В конструкции данной дробилки два ротора функционируют независимо, на которые подается измельчаемый материал. Дробилки двухроторные двух- ступенчатого дробления (см. рис. 2.9), используют для слияния двух ступеней дробления, в которых исходный материал попадает первоначально на первый, а потом на второй ротор.

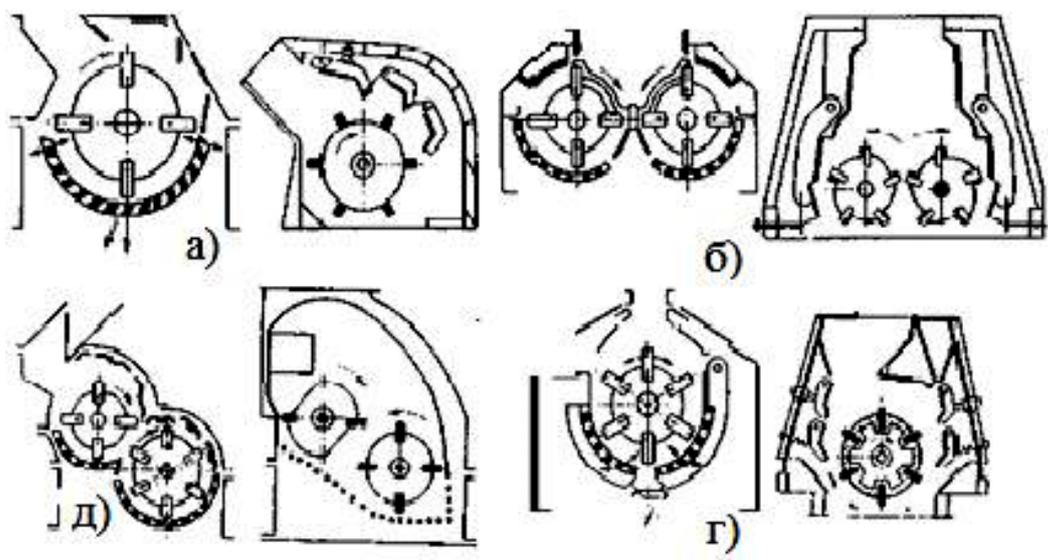


Рис. 2.9. Технологии роторных и молотковых дробилок

а - однороторные; б - двухроторные одноступенчатого типа дробления; в - двухроторные двухступенчатого типа дробления; г - реверсивные однороторные

С целью эффективного использования рабочей плоскости молотков и бил используют дробилки реверсивного типа (см. рис. 2.9, г). Конструкция симметричной камеры дробления позволяет работать ротору в асинхронном режиме, что дает возможность двухсторонне эксплуатировать молотки и била без перемены их местоположения.

С целью высокоэффективного раздробления материала угловая скорость ротации ротора должна находиться в интервале 30 – 75 м/с. В этом диапазоне возникают существенные ударные нагрузки в роторе, требующие от конструкторов создания безопасной и безаварийной работы конструкции ротора, вставных молотков и бил, их закрепление и практичность техобслуживания.

ротора, вставных молотков и бил, их закрепление и практичность техобслуживания.

К основным техническим характеристикам дробилок ударного действия следует отнести длину ротора и его диаметр, входящие в ее условное обозначение. Согласно ГОСТ 12375 – 70 роторная дробилка крупного типа дробления с длиной ротора 1600 мм и диаметром ротора 2000 мм обозначается

ДРК 20х16, а дробилка молоткового типа с длиной ротора 2000 мм и диаметром ротора 2000 имеет марку М20х20 (ГОСТ 7090-72). Дробилки среднего типа дробления имеют одинаковые размеры диаметра и длины ротора, и камера раздробления состоит из ротора и трех отражательных панелей, а у дробилок крупного типа дробления диаметр ротора превышает его длину и камера раздробления формируется двумя отражательными панелями и ротором. Основные параметры типовых российских роторных дробилок представлены в табл. 4.

Основные параметры роторных дробилок

Показатель	Крупное дробление (ДРК)				Среднее и мелкое дробление (ДРС)	
	800	1250	1600	2000	1000	1250
Размеры ротора, мм:						
диаметр	800	1250	1600	2000	1000	1250
длина	630	1000	1250	1600	1000	1250
Производительность, м ³ /ч	50	125	200	370	125	200
Максимальный размер куска загружаемого материала, мм	400	600	800	1100	300	375
Окружная скорость бил ротора, м/с	20; 26,5; 35				20; 24; 28;	
Мощность двигателя, кВт	40	100	160 30	250	125	200
Масса дробилки, т	6	15	30	68	10	18

Роторная дробилка крупного типа дробления представлена на рис. 2.10.

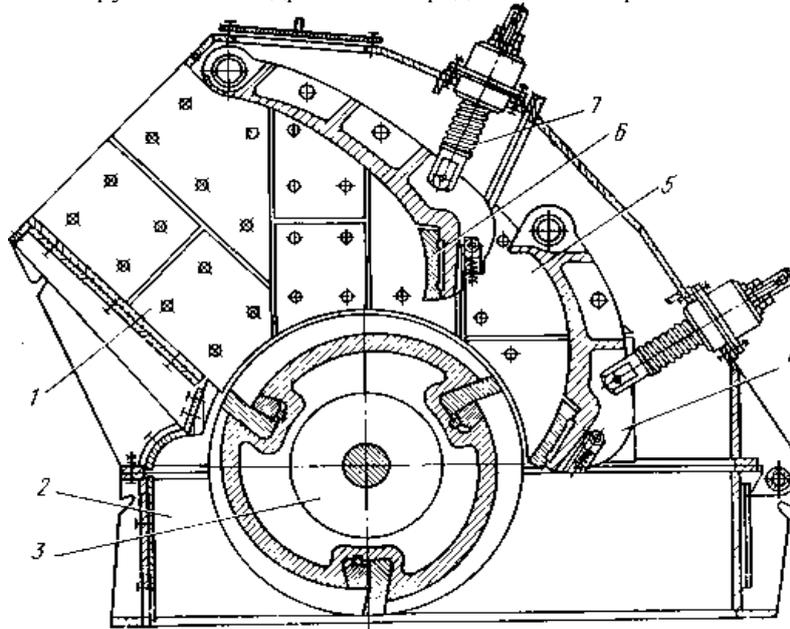


Рис. 2.10. Конструкция роторной дробилки крупного типа дробления

Роторная дробилка состоит из нижней 2 и верхней 1 частей корпуса, которые выполняются сварными из стали листового формата. Станина нижней части выполняет функцию основания дробилки. Она закрепится к фундаменту, а на станину монтируют ротор 3 и верхнюю часть корпуса с отражающими панелями 4 закрепленными на ней. Разъемная верхняя часть корпуса включает в себя переднюю и заднюю часть, которая при помощи винтового или гидравлического механизма отодвигается от передней, что значительно улучшает доступ к конструкции ротора и футеровочным панелям для техосмотра и профилактических работ. С целью исключения выделения пыли из дробилки места разъема корпуса герметизируются. Для увеличения срока эксплуатации дробилки внутренняя поверхность корпуса, камеры дробления футеруется вставными износостойчивыми панелями 5 подвергнутой термической обработке стали 65Г. Отражательные плиты нижней части корпуса облицовываются вставными панелями 6, выполненными из высокомарганцовистой стали.

Когда нижняя рабочая кромка плиты сильно изношена ее переворачивают на 180°. Нижние концы отражательных панелей соединены тросами с приспособлениями 7, которые крепятся на торцевых стенках корпуса дробилки служащими для корректирования просвета меж панелей и периметра обращения ротора с целью получения требуемого зернового состава продукта дробления. Они также

выполняют функцию предохранительного приспособления, когда в процессе попадания не дробимых материалов в камеру дробления пружины сжимаются, отводя от ротора концы отражательных панелей, выпуская не дробимый материал.

Таким образом, безопасность и большая степень надежности корпуса данной дробилки при малой удельной массе обеспечивается установкой предохранительных механизмов и массивных отражательных панелей, которые воспринимают удары кусков дробимого сырья.

Конструкция дробилки ДРК 20х16 представлена на рис. 2.11.

Для роторных дробилок крупного дробления установлены две отражательные панели. Четыре или три панели применяют в

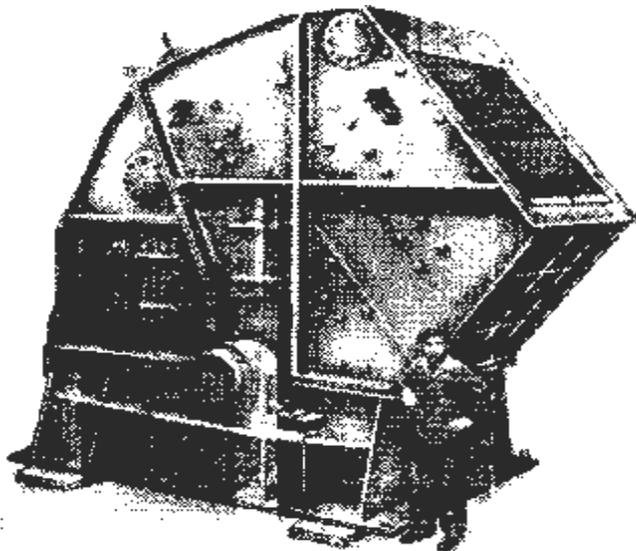


Рис. 2.11. Конструкция дробилки ДРК марки СМД-87

дробилках мелкого и среднего дробления. В некоторых случаях в роторных дробилках особого назначения (в частности, для дробления угольного материала) количество отражательных панелей составляет двенадцать, в некоторых случаях, взамен панелей устраивают конструкции из отражающих колосниковых решеток.

В этом случае частицы заданного зернового состава, непосредственно отсеиваются от общей массы дробимого материала, что удобно в ряде случаев.

В конструкциях роторных дробилок среднего и мелкого дробления используют большое число бил. В этом случае, в роторе располагается до 10 рядов бил. Количество рядов бил принимает во внимание следующее, что при значительном числе бил и определенной частоты ротации ротора, снижается промежуток меж проходом двух соседних рядов бил, тем самым, снижая глубину проникания в функционирующую сферу ротора отломка разбиваемого материала.

Данное положение оказывает позитивное воздействие, при мелком и среднем дроблении, на фракционный состав конечного материала. Для крупного дробления требуется глубокое внедрение дробимого материала в рабочую сферу для качественного удара.

Конструкция корпуса ротора у дробилок крупного раздробления состоит из монолитного устройства, а у дробилок среднего и мелкого раздробления корпус ротора исполняют пустотным. Корпус ротора дробилок крупного раздробления выполняется в монолитном варианте, который жестко соединен с валом.

Подшипники укреплены на станине наружной части корпуса дробилки, на котором вращается ротор.

Вал ротора производят - из сталей 40ХН, ротор корпуса - из углеродистой стали 35Л [2,3,9,12]. Наиболее встречающиеся агрегаты роторов представлены на рис. 2.12.

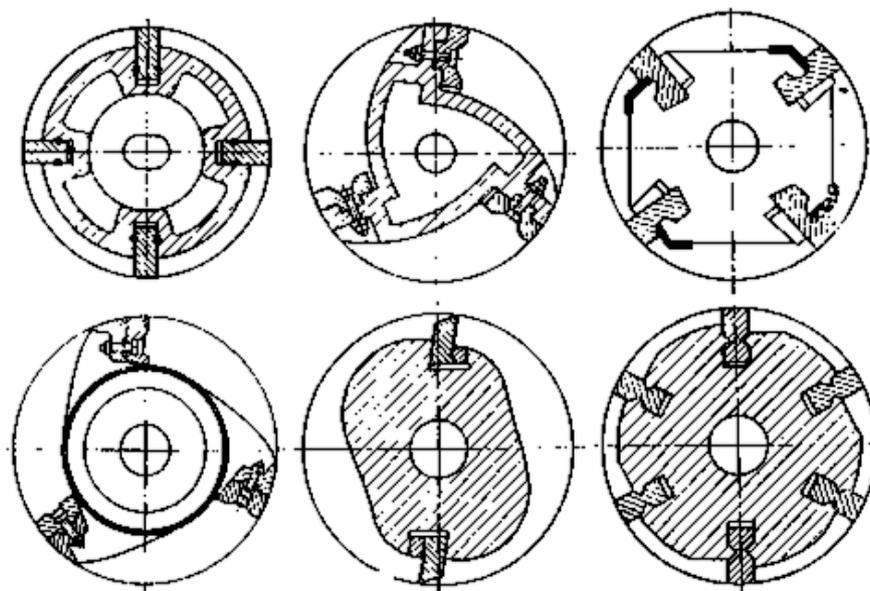


Рис. 2.12. Конструктивные особенности роторов дробилок

У реверсионных дробилок била функционируют двухсторонне, поэтому ротор выполняется в виде симметричной трубной отливки с пазами для закрепления бил. В остальных случаях ротор изготавливают из фасонной отливки с более качественной основной частью для закрепления била. В такой конструкции удар принимает выходящий фрагмент ротора, а била выполняют функцию износостойчивой периодически сменяемой футеровкой данного фрагмента.

Поэтому прикрепление бил к ротору обязано быть весьма надежным и давать возможность, при значительном их износе, скорую смену.

Конструктивные особенности молотковых дробилок

Типовая конструкция однороторной молотковой дробилки М20х20 представлена на рис. 2.13. Данная конструкция состоит из отбойного бруса 5, отбойной панели 4, корпуса 1, ротора 2, молотков 3, выкатной 7 и поворотной 6 колосниковых решеток. Исполнение корпуса дробилки - сварное из стального формата листов. В зоне камеры раздробления внутренние стенки корпуса футерованы вставными износостойчивыми панелями. Для проникновения к ротору при изъятии колосниковых решеток в корпусе предусмотрены специальные дверки. Сварная отбойная панель верхней частью

одношарнирно закреплена к корпусу дробилки и облицована износостойчивыми панелями. Перемещение нижней части плиты относительно ротора осуществляется корректирующим механизмом, в результате которого просвет между кругом ротации молотков и низом панели меняется.

Отсутствие отбойной плиты в молотковых дробилках небольших типоразмеров компенсируется установкой облицовочных панелей, непосредственно к торцовым стенкам корпуса дробилки.

Отбойный брус, установленный в специальных направляющих, в крупных молотковых дробилках служит для корректировки зернового состава завершеного продукта, который передвигается и стопорится особыми болтами.

Износостойчивая футеровка закреплена к отбойному брусу.

Разворотная колосниковая решетка одношарнирно закреплена на оси, корпуса дробилки. На тележке с роликами, расположенными на рельсах, закреплена выкатная решетка 7.

Такое исполнение конструкций решеток делает менее трудоемким ремонт и замену колосников при изнашивании. Колосниковая решетка состоит рамы, служащей основанием для сборки блоков и блоков решетки, изготовленной из стали 120Г14Л. Конструкции отдельных колосников вставляются в пазы рамы, или выполняют вогнутым по радиусу перфорированным листом.

С целью упрощения отгрузки конечного продукта из камеры раздробления щели между колосниками исполняют расширяющимися под углом $12 - 18^\circ$ (в направлении отгрузки) и сильно-наклонными к радиусу ротора угол $45 - 55^\circ$ (по направлению продвижения сырья).

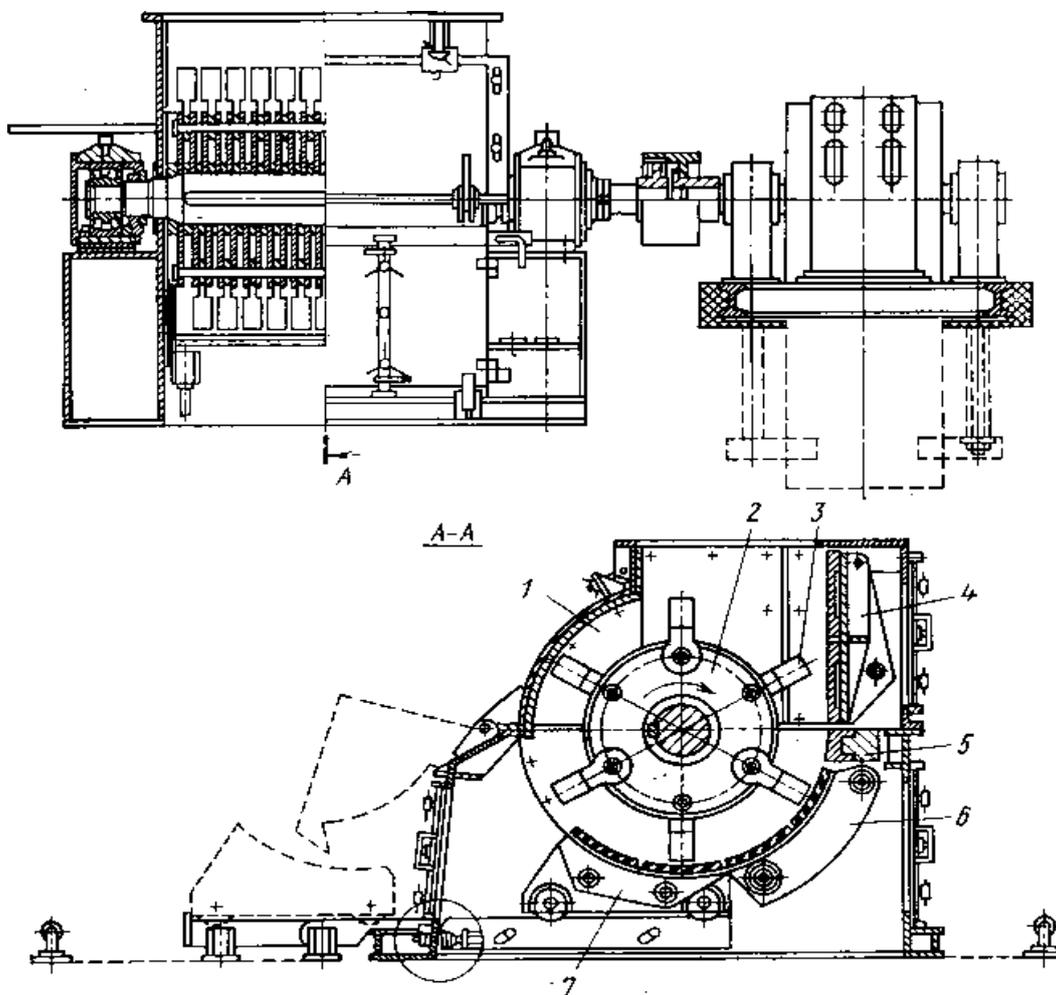


Рис. 2.13. Конструкция молотковой однороторной дробилки

Конструкция ротора дробилки представлена отдельными дисками, закрепленными на валу, на осях которых одношарнирно закреплены молотки. На рис. 2.13 ротор дробилки представлен шестью рядами молотков, размещенных в шахматнообразно, и имеет 69 молотков. Количество шеренг молотков на роторе предопределяется типоразмерами дробилки и ее направлением. Количество шеренг молотков на роторе допускают, 4-9 и в зависимости от условий к зерновому составу конечного продукта учитывается вероятность перемены количества шеренг молотков. На особо больших дробилках

монтируют порядка 120 молотков. В зависимости от номинального размера нетто-масса молотков дробилки колеблется от 5 до 65 кг.

На особых креплениях, размещенных вне корпуса дробилки, смонтированы подшипники, на которые опирается вал ротора. Процесс вращения вала от двигателя осуществляется посредством упругой муфты. Эффективная работа молотковой дробилки находится в диапазоне частоты вращения ротора 45 - 70 м/с, в особых случаях 80 м/с.

Конструктивные особенности бил и молотков

К конструкциям бил и молотков роторных и молотковых дробилок, изображенных на рис. 2.14, 2.15, предъявляют следующие требования:

- представлять износостойчивую конструкцию;
- способностью претерпевать значительные нагрузки ударного воздействия;
- хорошо воспринимать усилия от центростремительных сил;
- процесс замены должен быть не трудоемким.

Вместе с тем, применяемый при их производстве металл обязан эффективно употребляться. Исполнение вышеперечисленных условий оказывает значимое воздействие на эксплуатационно-технические параметры машины и отдельных конструкций узлов. Производство молотков и бил для дробилок молоткового и роторного типа выполняют из легированной стали 110Г13Л, существенно увеличивает их износостойчивость.

Особое внимание уделяется при исследовании механизмов бил и молотков в способности неоднократного применения их посредством переустановки.

Процент использования бил, представленных на рис. 2.14 а, б составляет 35-45% от нетто-массы металла бил. На рис. 2.14, в-и, н-п, к-м представлены конструкции бил, состоящие из двух работающих плоскостей с двойственным выдвиганием из корпуса ротора и альтернативой разворота на 180°.

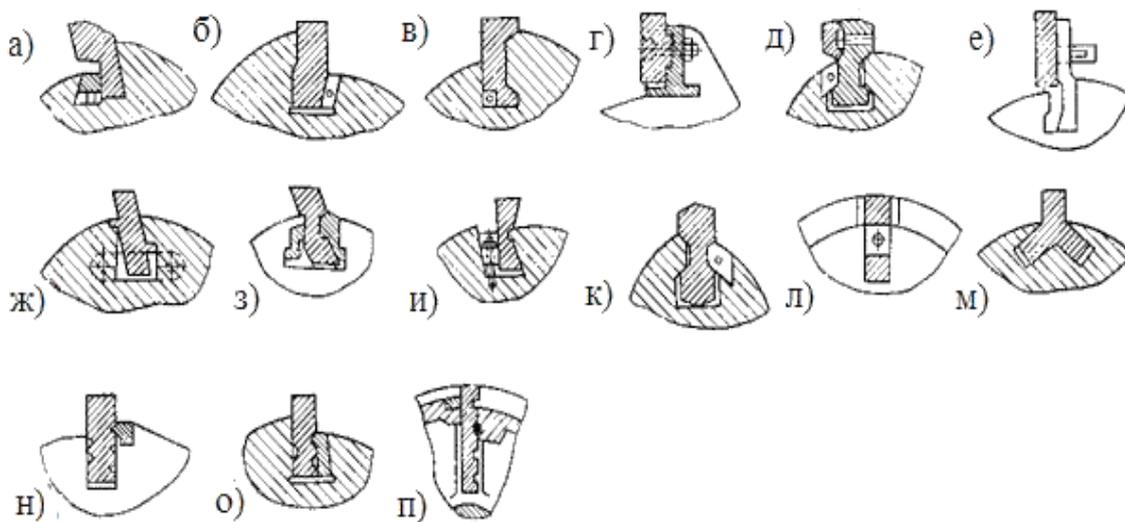


Рис. 2.14. Конструктивные особенности бил
а, б - с одной рабочей поверхностью; в-и - с двумя рабочими поверхностями;
к-м - с несколькими рабочими поверхностями; н-п - выдвигаемые

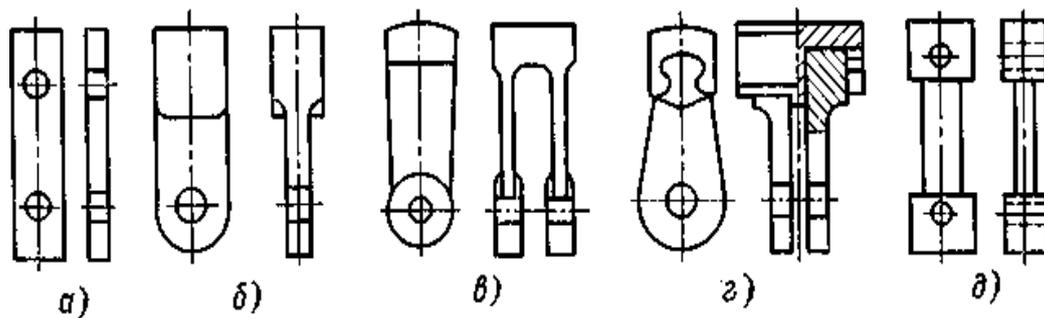


Рис. 2.15. Конструктивные особенности молотков
а, д - с четырьмя рабочими поверхностями; б - г - с двумя рабочими поверхностями

Конструкции молотков имеют несколько функционирующих плоскостей, что дает возможность значительно продлевать процесс их эксплуатации.

Конструкции молотков, которые разворачивают при значительном износе односторонней их функционирующей поверхности на 180°, изображены на рис. 2.15, б, в, г.

На рис. 2.15, а, д представлены конструкции молотков четырьмя функционирующими плоскостями.

Наплавка износостойчивыми сплавами рабочих органов дробилок позволяет значительно продлевать срок их эксплуатации.

Это позволяет изготавливать рабочие органы из обыкновенной стали, с возможностью без труда производить механообработку, а посредством специальных электродов производит наплавку слоя износостойчивого металла на их рабочую поверхность, что дает возможность выдерживать рабочий контур молотка или била и поддерживать их работоспособность.

Нередко процесс наплавки осуществляют прямо на машине без разборки молотков и бил.

Необходимо отметить, что процесс наплавки - это очень трудозатратная и дорогостоящая операция и ее эффективность складывается из определенных специфик применения.

Основные параметры российских молотковых однороторных дробилок представлены в табл.5 [2,3,9,10,12].

Техническая характеристика молотковых однороторных дробилок

Таблица 5.

Показатель	М6-4	М8-6	М13-16	М20-20	М20-30
Размеры ротора (в рабочем положении), мм:					
диаметр	600	800	1300	2000	2000
длина	400	600	1600	2000	3000
Производительность, т/ч	До 15	10-20	150-200	600-800	900-1200
Размер наибольшего куска загружаемого материала, мм	150	250	400	600	600
Номинальная частота вращения ротора, об/мин, для исполнений:					
Номинальная частота вращения ротора, об/мин, для исполнений:					
Б	1250	1000	600	—	—
В	1500	1300	750	500	500
Г	2000	1500	1000	600	600
Мощность электродвигателя, кВт, не более, для исполнений:					
Б	20	55	210	—	—
В	28	75	260	630	1000
Г	40	100	350	800	1250
Габаритные размеры, мм не более:					
длина	1100	1350	2400	4000	4000
ширина	1100	1400	2800	4200	5500
высота	1150	1250	1900	3100	3100
Масса дробилки (без электродвигателя), т, не более	1,5	3,0	11,0	46,0	60,0

Особенности эксплуатации дробилок молоткового и роторного типа

В процессе использования молотковых и роторных дробилок надлежит придерживаться следующих инструкций безопасности.

Освещение помещения, где расположена дробилка, должно отвечать «Гигиеническим нормам микроклимата на производстве». СанПиН 2.24.54896. На питающих устройствах перед дробилкой должны быть смонтированы уловители и сигнализаторы металла, осуществляющие контроль проникновения металлических предметов, которые могут привести к поломке узлов дробилки.

Диапазон действия сигнализаторов – откликаться на различные металлы, и немагнитные, которые включаются в работу и подают сигнал на приостановку питательного механизма. Запрещена перегруженность дробилки, которая может привести к приостановке ротора с переполненной камерой раздробления. Процесс устранения завала осуществляется с особыми мерами осторожности. При открывании верхней частью корпуса дробилки разгрузку осуществляют внизу при предусмотрительном открывании корпуса. В процессе проведения разгрузки рабочие должны находиться в санитарной зоне. Если корпус на дробилках предусмотрен не открывающимся, то следует с особой предосторожностью открыть люки, предварительно приняв необходимые меры осторожности, от падения кусков от неожиданно открывающихся створок.

Не допускается:

- открывать люки во время эксплуатации, ведущие в камеру раздробления;
- оставить без наблюдения функционирующую дробилку;
- пребывать в опасной зоне работы дробилки и ее рабочих органов, где не исключена возможность выброса кусков из дробилки;
- производить остановку дробилки с загруженной полностью камерой дробления;
- работать на поврежденной дробилке;
- держать инструмент или другие приспособления на функционирующей дробилке, вследствие падения их.

Перед началом проведения ремонтных работ, необходимо удостовериться, что на приемном лотке и питателе нет частей породы, которые могут свалиться в дробилку; исключить возможность включения дробилки и питателя посредством выключения общих рубильников; произвести фиксацию ротора дробилки, для ликвидации беспричинного поворота, при нахождении на нем рабочих.

Процесс замены и изношенных узлов и деталей необходимо осуществлять как минимум двумя рабочими, которые должны иметь допуск на проведение ремонтных работ с соблюдением правил техники безопасности.

Вопросы для самоконтроля

1. В каких случаях применяют дробилки ударного действия?
2. Какими способами производится дробление материала в роторных дробилках?
3. Какими способами производится дробление материала в молотковых дробилках?
4. Какие степени дробления имеют дробилки ударного действия?
5. Из какой стали выполняют била о молотки молотковых и роторных дробилок?
6. Сколько рабочих плоскостей в конструкциях бил?
7. Сколько функционирующих плоскостей в конструкции молотков в молотковых дробилках?
8. Какой рабочий диапазон частоты вращения ротора у молотковой дробилки?

Примеры расчетов роторных дробилок и задание для самостоятельного выполнения приведены в приложении 3.

2.4. ВАЛКОВЫЕ ДРОБИЛКИ

Цилиндрический валок представляет собой главный функционирующий компонентом валковой дробилки, который делает обороты в горизонтальном положении. Дробимый материал поступает в верхнюю часть, вовлекается меж валками и раздробляется.

Конструкция валковых дробилок может быть одно-, двух-, трех- и четырехвалковой. В дробилке четырехвалковой оба валка расположены над второй парой, тогда дробилка является как две двухвалковые дробилки, собранные в едином блок-корпусе.

Конструкции поверхности валков изготавливают ребристыми, рифлеными, гладкими и зубчатые. При этом сочетание плоскостей дробления принимается всевозможным, к примеру, один гладкий, другой - рифленый или оба валка представлены гладкой плоскостью.

Зубчатые и рифленые валки производят захват значительно объемных частей материала, чем гладки при идентичном диаметре. Если принять, что D – двойной радиус валка, а d - калибр части материала, в процессе раздробления пород типичной твердости отношение D/d для гладких валков составляет 15 - 22, для зубчатых и рифленых 3 - 5.

Диаметр валка валковых дробилок составляет 380 - 1400 мм и длиной, равной 0,5-1,1 диаметра. Важнейшими характеристиками валковых дробилок считаются калибр (D) и протяженность (L) валков, входящие в их относительное определение. К примеру, с гладкими валками дробилка калибра $D = 600$ мм и протяженностью $L = 400$ мм обладает маркой ДГ- 600х400, а зубчатая дробилка калибром валков $D = 400$ мм - ДДЗ-4.

При твердости дробимого материала ($G_{сж} = 14 \text{ кН/см}^2$) используют валковые дробилки мелкого и среднего дробления с рифлеными и гладкими валками, а для не прочных и пластичных пород ($G_{сж} = 7 \text{ кН/см}^2$) - с зубчатыми валками. В конструкцию, корпуса подшипников вала первого валка дробилки вмонтированы пружины, которые перемещаются при попадании не дробимого предмета. Конструкция привода валков может включать в себя: ременную передачу, электродвигатель приводного вала, самостоятельный электродвигатель со специальной передачей на отдельный валок.

Конструктивные особенности валковых дробилок

В отечественной промышленности преимущественно используют двухвалковые дробилки. Они эффективны при измельчении мягких и влажных материалов (к примеру, глин). Дробилки другого типа засоряются аналогичными материалами, а смонтированные особые скребковые устройства на валковых дробилках убирают налипший материал с плоскости валков.

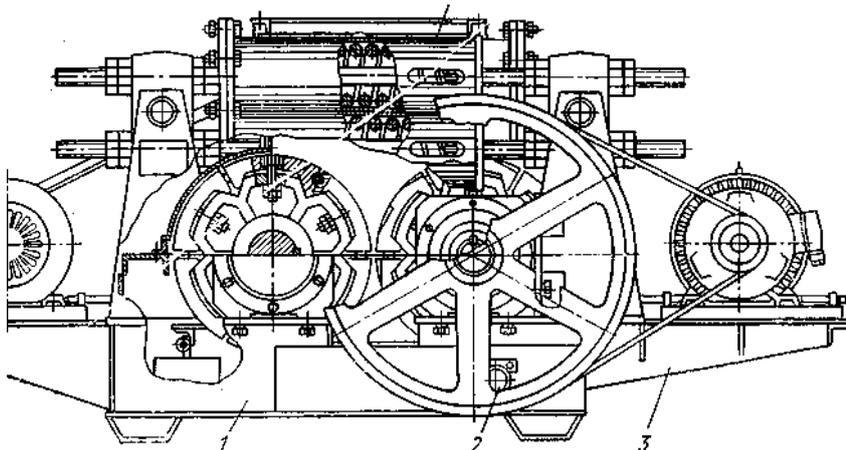


Рис. 2.16. Технология валковой дробилки с двумя валками

Технология двухвалковой дробилки представлена на рис.2.16 [1,2,3,9]. Конструкция одного валка рифленая, другая гладкая. К корпусу дробилки 1 вмонтированы подшипники первого валка, к подвижной раме 3 подшипники второго, шарнирного соединения 2 с корпусом. Предохранительный механизм 4, включает пружину и конструкцию тяг, соединяет верхнюю часть корпуса и раму между собой и дает возможность изменять зазор меж валками, отводя валки при поступлении не дробимого материала. При этом валок, совместно с подвижной рамой и закрепленным на ней электродвигателем производит поворот около шарнира и расстояние между валками становится больше. Затем, когда не дробимый предмет пройдет через валки, пружины заставляют вернуться валок в исходное местоположение. Требуемое усилие при дроблении породы создается заблаговременным подтягиванием пружин.

Для каждого валка имеется свой шкив, поэтому возникает вспомогательный маховый момент, и раздробление породы производится более спокойно. Клиноременная передача осуществляет привод для каждого валка от электродвигателей, которые крепятся с корпусом и с подвижной рамой, вследствие чего, в процессе ухода валков расстояние между центрами валков остается неизменным. Конструкция бандажа валка представлена из отдельных сегментов, изготовленных из марганцовистой стали, что дает возможность заметно быстрее, не производя разбор дробилки, производить замену износившихся бандажей.

Расчет основных параметров валковых дробилок представлен в приложении 4. В строительной индустрии в процессе обработки глиняной массы и исключения из нее камешков используют дезинтеграторные вальцы, изображенные на рис. 2.17.

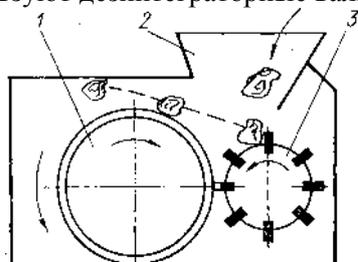


Рис. 2.17. Технология дезинтеграторных вальцов

Конструкция дезинтегратора состоит из валка 1 имеющего гладкую плоскость большого калибра и рабочую поверхности валка 3 меньшего диаметра, на рабочей плоскости которого запроектированы ребра размером 6 - 12 мм. Гладкий и ребристый валок делает соответственно 55 - 65 и 550 - 650 об/мин. Первоначально материал нагружается в приемную приспособление 2, а затем попадает на быстро вращающийся валок. Ударяясь о ребро валка, кусок глины сминается, утрачивает скорость и втягивается в щель меж валков. Камни и твердые включения откидываются ребрами валка и отводятся в выводной желоб.

Следовательно, дезинтеграторные вальцы не только производят размельчение глины, но и совершают очистку ее от твердых включений.

При обработке керамической массы применяют вальцы дырчатого типа, представленные на рис. 2.18. От разных электродвигателей, посредством передачи для быстроходного валка и при по-

мощи понизителя и шестеренчатой пары у тихоходного валка, осуществляется процесс вращения быстроходного и тихоходного валков. Валок тихоходного вала держится на предохранительных пружинах, служащих для пропускания не дробимых предметов через щель между валками.

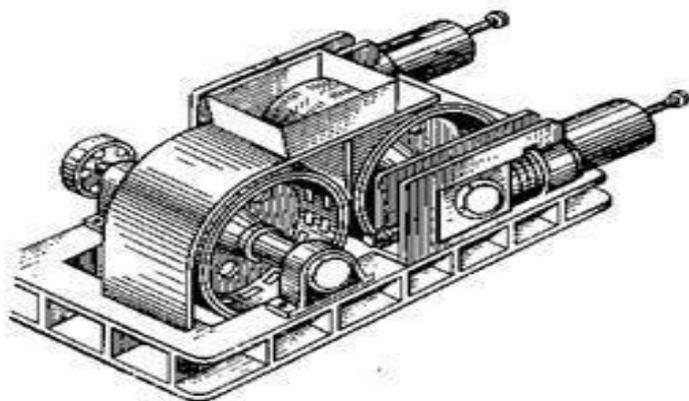


Рис. 2.18. Конструкция вальцов дырчатого типа

дырчатая. Первоначальная масса подается в приемную горловину и втягивается меж вращающихся навстречу друг другу двух валков.

Вследствие, разной скорости валков и продавливания сквозь отверстия внутри валков глиняная масса обминается, перетирается и поступает на выводящий транспортер. Заблаговременное натяжение пружин тихоходного валка рассчитано на напряжение, при котором присутствующие в глиняной массе твердые частицы дробились.

Конструктивные выполнения приводного механизма дробилок валкового типа американской фирм Pionir и французской Dragon изображены на рис. 2.19, 2.20. Колесо-двигатель дробилки фирмы Dragon смонтировано на валу одного из валков, а двухрядковая звездочка установлена на противоположном конце вала, соединенная цепной передачей со звездочкой второго валка. Холостая звездочка корпуса подшипников, расположенная на самом верху дробилки, позволяет производить натяжение цепи.

Привод валков двух- и трехвалковых дробилок Фирма Pionir осуществляет посредством автомобильных колес. В дробилке с тремя валками соединение подшипников основного валка к раме жесткое. Конструкция крепления подшипников других двух валков позволяет им передвигаться по устремляющим. Они придавливаются пружинами к опорам, позволяющим, изменять расстояние между валками.

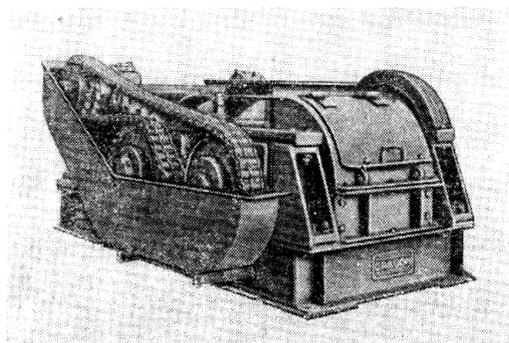


Рис. 2.19. Общий вид валковой дробилки фирмы Dragon

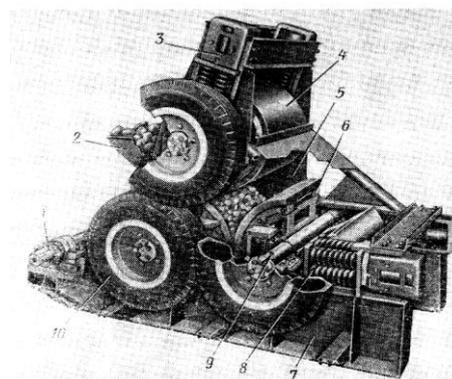


Рис. 2.20. Конструкция привода валковой дробилки фирмы Pionir

1 - вал привода; 2 - загрузочный лоток; 3 - амортизационное устройство верхнего валка; 4 - верхний валок; 5 - корпус дробилки; 6 - второй нижний валок; 7 - основание дробилки; 8 - амортизационное устройство нижнего валка; 9 - вал нижнего валка; 10 - шина, которой могут перемещаться по раме дробилки, регулируя тем самым натяжения цепи.

Увод валков при продвижении не дробимых материалов и корректировка зазора осуществляется, посредством, упругого деформирования шин находящихся друг с другом в зацепе.

Основной износ в валковых дробилках наблюдается в средней части бандажей, что приводит к непостоянству зернового состава конечного продукта.

Вследствие этого, устанавливают приспособления, позволяющие однородно размещать размельчаемый материал по протяженности валков.

Вопросы для самоконтроля

1. Какими способами производится дробление материала в валковых дробилках?
 2. В каких случаях применяют валковые дробилки?
 3. Сколько валков может быть в валковой дробилке?
 4. Какое исполнение валков может быть валковой дробилке?
 5. Какие конструкции применяются для предотвращения поломки валковой дробилки в случае попадания не дробимых предметов?
 6. В каком случае применяются вальцы дырчатого типа на валковых дробилках?
- Пример расчета основных параметров валковых дробилок и задание для самостоятельного выполнения приведено в приложении 4.

2.5. БЕГУНЫ

Сфера использования и конструктивные особенности

Бегуны используют в процессе мелкого раздробления (величина частей завершеного продукта 4 - 7 мм) и грубого помола (0,3 - 0,6 мм) шамота, глины, кварца [1,2,3,9].

Следует отметить, что бегуны имеют малую производительность по сравнению дробилками валкового типа. Их использование обусловлено технологическими особенностями, когда требуется с измельчением сделать возможным разمول, удаление воздуха из массы и ее обжимание (к примеру, процесс глинопереработки).

Конструкции бегунов состоят из одного, двух мощных катков, которые, двигаясь по чаше, размалывают своей массой, имеющиеся на ней кусочки породы. Расчет основных параметров бегунов приведен в приложении 5. Основные компоненты кинематики бегунов представлено на рис. 2.21 а, б, в.

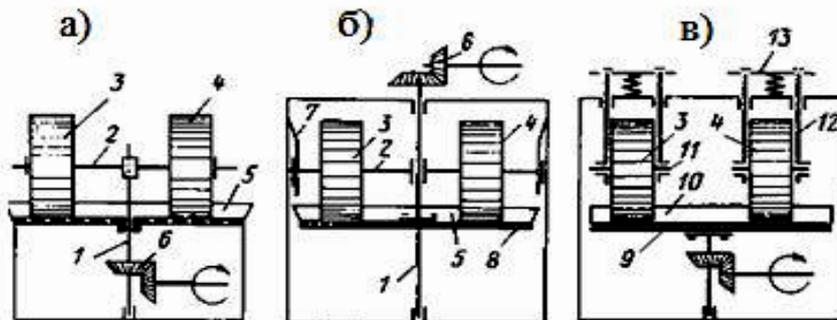


Рис. 2.21. Основные компоненты кинематики бегунов:

а - с неподвижной чашей; б - с вращающейся чашей; в - с вращающейся чашей и подвешенными катками

На рис. 2.21, а бегуны с нижним приводом и неподвижной чашей используют при мокром измельчении глин влажностью более 16 %. Типоразмеры (калибр х. толщина) катков такого рода бегунов от 1400х350 до 1900х6000 мм, соответственно масса составляет 2.1-7,2 т, эффективность 12-30 т/ч, расход энергии приблизительно 1,5 кВт·ч/т.

К конструкции верхней части отвесного вала 1 одношарнирно установлены кривошпы осей 2 катков 4 и 3. В процессе ротации вала катки перемещаются по неподвижной чаше 5, производя вращение по окружности продольных осей 2. При одношарнирном закреплении осей с валом, посредством коленчатой рукоятки производится процесс снижения или подъема катков с учетом толщины пласта материала на чаше и безотказного прокатывания по прочным крупцам. Конструктивное расположение катков выполнено на различном отдалении от отвесного вала, чтобы их треки могли покрывать, по возможности, наибольшую поверхность чаши. Вращение отвесного вала осуществляется от электродвигателя и регулятора посредством конических шестерен 6. Конструкция дна чаши бегунов выполнена из отдельных панелей с открытыми отверстиями, величина которых варьируется от

5x28 до 12x38 мм в соответствии, с требуемой крупнотой завершеного продукта. Для исключения закупоривания отверстий, их делают уширенными. Функция катков бегунов заключается в истирании, размельчении глины и продавливания ее через отверстия панелей. На конструкцию вала установлены скребковые устройства, назначение которых в очищении бортов и дна чаши от налипшей глины и равномерной подачи ее перед катками. Миновавшая отверстия глина следует в спускной лоток. Соотношение размеров бегунов при мокром измельчении, имеющих катки шириной b , диаметром D_K и чашу диаметром $D_ч$, кроме того $D_K = (3,20...3,60) b$; $D_ч = 4,5b$.

При сухом размоле бегуны, представленные на (см. рис. 2.21 б; 2.22) обладают вращающейся чашей и верхним приводом. Типоразмер катков у данных бегунов от 580x190 до 1700x400 мм, масса до 6,8 т, эффективность 0,6 - 11 т/ч, энергопотребление 2,0 - 5 кВт·ч/т.

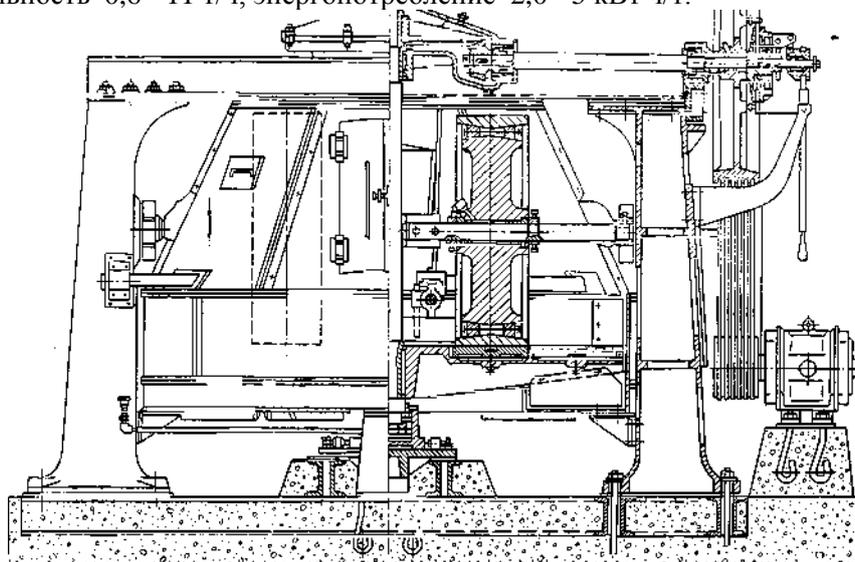


Рис. 2.22. Конструкция бегунов сухого измельчения

На вращающейся чаше 5 продольной оси 2 размещены катки 4, 3 бегунов (см. рис. 2.21.б). В соответствии, со слоем продукта в чаше или в процессе поступления под каток не дробимых предметов ось с катками может перемещаться в отвесном направлении, благодаря направляющим втулкам 7. Конические шестерни 6, расположенные на вершине отвесного вала 1 вращаются от привода. Ступица чаши твердо закреплена в нижней части вала 1. Конструкция дна чаши у центра и под катками исполнена непрерывными панелями, а по периферии в виде кольцеобразной сетки 8.

Подающееся из верхней части загрузочной проема первоначальное сырье равномерно распределяется под катки скребковым устройством, а помолотое на кольцеобразную сетку. Кусочки материала, которые не прошли сквозь отверстия сетки, вторично поступают скребками под катки. Материал, прошедший процедуру просеивания, подается на статичный поддон и посредством, скребков поступает в собирательный желоб.

В конструкциях бегунов, представленных на рис. 2.21, а б количество оборотов отвесного вала находится в интервале 0,4- 0,7 об/с, что ведет к малой эффективности бегунов. Повышение скорости вращения ведет к возрастанию центробежных сил и затребует в бегунах с неподвижной чашей наиболее усложненную конструкцию установки бандажей и ступиц бегунов с осями, а также проведения скрупулезного динамического балансирования крутящихся механизмов. Отбрасывание к бортам чаши измельчаемого сырья наблюдать в бегунах с крутящейся чашей.

Компоненты кинематики бегунов с периодом обращения до 1,0 об/с. представлены на рис. 2.21, в. Представленные бегуны используют при сухом измельчении. Конструкцией предусмотрена крутящаяся чаша. При воздействии центробежных сил измельченный материал высыпается в регулируемую щель дна 9 и борта 10 чаши. Кусочки большего размера, чем зазор, возвращаются скребками под катки. Эффективность данного аппарата составляет 70 т/ч., энергопотребление 0,8 - 1,2 кВт·т/ч., нетто-масса катков от 4,8 до 6,8 т., что интенсифицирует процесс измельчения сырья. Траверса 13 упирается в раму посредством пружин, соединяется с осями катков 4, 3 рычагами 12. Жесткость пружины подобрана таким образом, когда в чаше отсутствует размалываемый продукт, то расстояние между катком и дном чаши равно 6 - 9 мм. В такой конструкции, в процессе работы, катки приподнимаются, ослабляя пружину и раму от внутреннего напряжения, повышая давление на чашу, что упрощает запуск бегунов, уменьшая усилия на оси катков. Конструкция привода бегунов исполняется верхней или нижней. Гидравлический механизм служит для изменения давления бегунов на

измельчаемый материал. В качестве опоры подшипников оси катка 3 служит, одношарнирно закрепленная штанга 2 к жесткой опоре 1. Цилиндр гидравлического механизма 4 смонтирован на противоположном конце штанги, который сформировывает усилие на каток. В нижней части бегунов устроен привод 6, позволяющий вращать чашу бегунов 5.

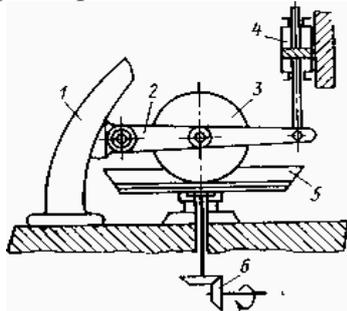


Рис. 2.23. Компоненты кинематики бегунов с добавочным прижимом катков

Данный тип конструкции бегунов характеризуется меньшей массой, размерами и изменением прижимающей силы катков на измельчаемый материал, в соответствии с технологическими условиями.

В отдельных случаях, в производстве строительных материалов, используют смесительные бегуны порционной операции, служащие для размельчения, при совместном перемешивании и истирании перерабатываемого сырья. В конструкции глубокой чаши, дно которой выполнено из сплошных панелей, производится загрузка части исходного сырья (до 900 кг), с периодом переработки от 6 до 18 мин. По завершению этого процесса, на дно чаши погружают особое скребковое устройство, которое при круговращении чаши производит

выгрузку помолотой смеси через борт чаши.

Вопросы для самоконтроля

1. Каким способом производится дробление материала в бегунах?
2. В каком случае при помоле применяют бегуны?
3. Перечислите основные компоненты кинематики бегунов?
4. Какой основной недостаток в конструкции бегунов?
5. Какое измельчение применяется в конструкции бегунов?

Пример расчета основных параметров бегунов и задание для самостоятельного выполнения приведено в приложении 5.

2.6. АВТОМАТИЗИРОВАНИЕ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВАЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Дробильно-сортировальное предприятие является комплексом машоборудования по обработке и транспортировке продукции, т. е. целостным поточно-транспортным комплексом (ПТК). Процессом, препятствующим автоматизированию ПТК дробильно-сортировального предприятия, считается дополнительное проектирование автоматизированного управления режимами обработки сырья на разных этапах процесса в силу перемены количественного и качественного состава исходных продуктов и при скачкообразных перепадах работы оборудования его защиту. Процессы сбоя режима работы ПТК вызваны, не постоянством крупности обрабатываемого материала с присутствием в нем не дробимых материалов, и износом рабочих органов дробильно-сортировальных аппаратов.

С центрального операторского пульта, производится контролирование автоматизированным дробильно-сортировальным предприятием. Данный вид руководства получил название централизованное автоматизированное управление (ЦАУ) [10,12].

Модель ЦАУ включает контролирование отдельных технологических установок и аппаратов, создающим условия трех типов контролирования: удаленно-автоматизированный, локальный и локально-сблокированный. Основным рабочим режимом, выполняющимся с центрального пульта диспетчера, является удаленно-автоматизированный. При исправительных и предупредительных работах – локальный режим. Локально-сблокированный режим выполняется в процессе настройки программ автоматизирования. Вспомогательными режимами являются локальный и локально-сблокированный, которые выполняются посредством кнопок персонального контроля, установленных на отдельных аппаратах.

Процесс запуска аппаратов, включающихся в ПТК, осуществляется в строгой очередности, предварительному которому совершаются служебные операции: звуковая предупреждающая оповещение за 40-50с до начального автоматизированного запуска машин, пуск отсасывающего режима и подвода воды. Процесс остановки машин выполняется тоже неукоснительно в установленной очередности, не соблюдение которой приводит к повреждениям.

К примеру, при функционирующей дробилке отключение выводящего транспортера ведет к поломке желобов, протечек основных аппаратов и дополнительного оснащения. В этой связи модуль ЦАУ включает блокирование аппаратов ПТК, предупреждающих их поломку.

Два датчика уровня установлены на приемочном бункере загрузочного устройства. При до-

стижении первичным сырьем в бункере верхней границы загорается красный сигнал светофора запрещающим машинам выгрузку в бункер, пока высота не снизится и тогда включается светофор зеленого цвета. При достижении материалом нижней границы питатель приостанавливается, и последующая отгрузка из бункера прерывается. Это необходимо, чтобы в бункере всегда находился некоторый слой материала, оберегающий питатель пластин от ударов большими обломками породы.

Конструкция, регулирующая размеренное введение сырья в главную дробилку, посредством приостановки и запуска транспортера и варьированием производительности, смонтирована на узле первоначального дробления. Включающееся в модуль ПТК дробильно-сортировальная оснастка оборудуется автоматизированными механизмами, производящими контроль степени нагретости подшипников, присутствие смазки и ее нагрев, автоматизированный разогрев и захлаживание смазки.

Тросовыми аварийными выключателями и датчиками скорости продвижения ленты оборудуются конвейер, вибропитатели, транспортеры, обеспечивающими включение и выключение привода из любой точки всего транспортирующего устройства. Модуль ЦАУ имеет возможность автоматического выключения всех вышестоящих аппаратов, в результате аварийного выключения какого-либо устройства. В этом случае, выключение дробилок производится по завершению опорожнения от сырья дробительных камер.

Подающие транспортеры оснащаются автоматизированными приборами выявления и изъятие металла, с целью исключения проникновения в дробилки не дробимых железных включений. Особенность действия данного вида конструкции нижеследующая. Рамка металлоискателя окружает функционирующую линию транспортера. Когда в сфере рамки обнаруживается металл, включается выходное реле металлоискателя, включая сильный навесной магнит, извлекая металл из потока. За металлоулавливателем материал отгружают на последующий транспортер, на котором смонтирована рамка проверочного металлоискателя. При выявлении немагнитных включений датчик металлоискателя производит выключение привода транспортера и вышестоящих по каскаду механизмов.

В настоящее время, технически оснащенные заводы, имеют автоматизированные приборы, производящие отгрузку из бункеров завершённой продукции сбор фракций или фракции в соотношениях, необходимых заказчику.

Процесс управления автоматизированным дробильно-сортировальным предприятием производится с центрального операторского пункта, где установлена панель с мнемотехническим модулем ПТК, приборами контроля и сигнализации. Процесс автоматизированной загрузки главной дробилки, представленный на рис.2.24, производится в следующей последовательности.

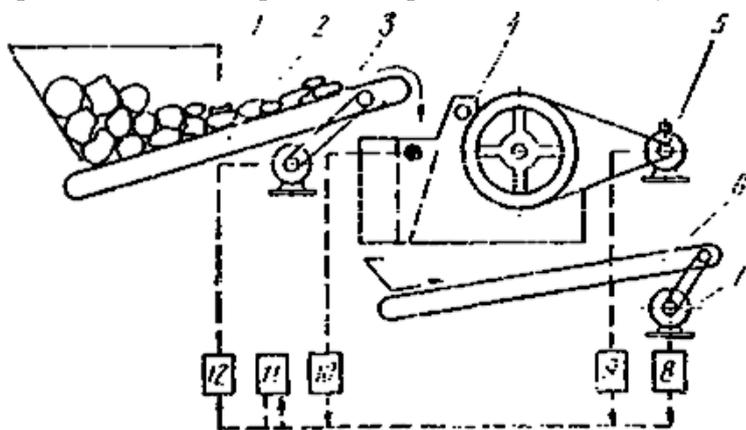


Рис. 2.24. Блок-схема автоматизированного процесса загрузки главной дробилки

В бункер 1 поступает скальная порода, затем пластинчатым транспортером 2, включающимся в работу электродвигателем 3, попадает в щековую дробилку 4 с электрическим приводом 5. Раздробленный материал следует по ленточному транспортеру 6, посредством электродвигателя 7, приводящим его в движение. При нормальном процессе загрузки щековой дробилки энергия, энергопотребление электродвигателем дробилки, находится в оптимальном диапазоне. Существенное увеличение или снижение нагрузки на

электродвигатель вводит в действие датчик 9 устройства контроля действующей мощности и подает радиосигнал на уменьшение или увеличение загрузки дробилки. Следует отметить, что снижение действующей мощности, используемой электродвигателем дробилки, вызвано не только снижением степени дробимого материала в дробильной камере, но и зависания при дроблении части скальной породы, имеющей мелкую фракцию. В таких ситуациях, введение сырья в дробилку следует сократить или окончить, чтобы предупредить «завал» дробилки или перегруженность выводящего конвейера. В связи с этим, предусматривается в данной автоматизированной системе загрузки дробилки, регулирование при изменении действующей мощности электродвигателя дробилки с необходимым уточнением загрузки выводящего транспортера и контролирования присутствия сырья на верхней границе

дробильной камеры. Процесс загрузки транспортера фиксируется задатчиком **8** действующей мощности электродвигателя. Устройство **10**, включающее задатчик радиоактивного типа, прикрепленный в верхней области дробильной камеры, регулирует уровень загрузки материала в дробилку.

В процессе отладки и регулирования приборного оснащения **11**, которое делает возможным работу щековой дробилки в установленном режиме, контролируя посредством аппаратуры **12** быстрой функционирования транспортера **2**. Регулировка загрузки в автоматическом режиме заметнее повышает производительность головного модуля на 12-18%.

На текущий момент, создаются автоматизированные конструкции, позволяющие проконтролировать марку завершеного продукта и, по итогам контроля, выдавать установки на корректировку операций функционирования машин конечного уровня дробления. Процесс автоматизации обработки нерудных пород в зонах завышенной вибрации, шума, и пылеобразования позволяет существенно улучшать производственную сферу обслуживающего персонала.

2.7. СПЕЦИФИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Процесс функционирования комплекса технологических машин по производству нерудных строительных материалов, вызывает значительное пылеобразование, шум и вибрацию. К конструктивным мерам, снижающим вредное воздействие работающей машины на обслуживающий персонал, необходимо причислить:

- изолированность меж блок-корпусами и футеровкой дробилок и мельниц;
- нанесение на корпуса красящих материалов, понижающими шум;
- герметизацию лючков, дверей, что снижает выделение пыли;
- специфические амортизаторы, снижающие распространение вибрации машины на основные части конструкции.

Вышеприведенные меры являются малоэффективными, поэтому исключительное внимание при функционировании дробильно-сортировальных предприятий отводится санитарному состоянию рабочих мест обслуживающего персонала. Для противостояния пагубного воздействия пыли, вибрации и шума применяются следующие мероприятия:

- использование укрывания, отсасывающие механизмы;
- полная автоматизация технологических процессов и отдельных механизмов, что дает возможность удалить обслуживающий персонал из зон опасного действия;
- применяют специальные защитные средства: шумофоны, респираторы и разного рода отдельные кабинки.

По состоянию на сегодняшний день, санитарными нормами допускается на рабочих местах запыленность воздуха не более чем 10 мг/м^3 . При содержании в пыли более 10% двуокиси кремния, данный процент снижается до нормы 2 мг/м^3 . Освидетельствование работ грохотов и дробилок, не оснащенных пылеподавляющими устройствами, зафиксировало в значительной степени превышение запыленности воздуха около функционирующих машин [10,12].

Главное пылевыведение наблюдается в области погрузочных и выгрузочных люков дробилок и пересеивающей плоскости виброгрохотов. Для виброгрохотов, конусных и щековых дробилок **Все**-союзный государственный научно-исследовательский институт нерудной промышленности создал прикрытие, представляющие специфические коробчатые конструкции из листовой стали с вентиляторными отсосами. Крепление прикрываний производится к блок-корпусам дробилок, верхняя часть которых исполняется открывающейся для удобства техобслуживания и ремонтных работ.

Специфичность укрытий сконструирована с сосущими трубками, подвешиваемых на растяжках над грохотами при учете аэродинамических данных пылевых струй.

В наши дни, используемые меры противодействия шуму от грохотов и дробилок, сводится к изолированию машин в индивидуальные кабины или оболочки металлического исполнения. При использовании оболочек из стали до 6 мм определено, что внутреннюю часть стенок следует обкладывать звукопоглощающим материалом, а на наружную поверхность наносить противозумовую мастику. Наиболее высокоэффективны оболочки с двойственными стенками и воздушным промежутком меж собой. Внутренняя оболочка выполняется из стального листа и односторонне обкладывается с противозумной материей. Наружная оболочка исполняется деревянной и крепится к внутренней прорезиновыми вкладышами. Конструкции оболочек, состоящих из разных щитов для свободного проникновения к механизмам дробилки при профилактическом обслуживании и ремонтных работах, выполняются герметизированными и разборными. Уменьшение шума при работе грохотов и дробилок осуществляется размещением их в индивидуальные оболочки, которые также выполняют функцию пылезащиты. С целью снижения пыльности внутреннего пространства оболочек они обо-

рудуются аспирационными установками.

Практические исследования показали, что при безусловно запроектированных фундаментах и амортизаторных механизмов, вибрация в зоне небольшой отдаленности от машины лежит в допустимых границах. В мобильных дробильно-сортировальных аппаратах и установках, поставленных на межэтажные панели, для снижения степени вибрации используют особые виброизоляторы. Автоматизирование операций при обработке скальных пород с исключением работающего персонала из сферы высокого шума, вибрации и пылеобразования - это аналог современного уровня технического прогресса.

3. МАШИНЫ ДЛЯ ПОМОЛА. ТИПИЗАЦИЯ

Для размолла разнообразных стройматериалов: алебаstra, опоки, руды, антрацита, цементного клинкера, мела неограниченно используют мельницы. Объем начального материала не превышает **35** мм для известняковой породы, антрацита и селенита, **23** мм для опоки и мела, **16** мм - для цементного клинкера, 12 мм - для активных твердых и инертных добавок при размолле клинкера цемента. Тонина готового продукта для мельниц тонкого помола составляет для исходных материалов 2900 - 3100 см²/г, для цементного клинкера - **2900 - 4400** см²/г, или на основе ситового анализа. К примеру: для исходных материалов остаток на сите с сеткой № 02 обычно не превышает 1 ... 2%, а с сеткой № 008 - 4... 9 %, цемента остаток на сите с сеткой № 008 не превышает 7 ... 11 %.

Размолл материалов в мельницах очень энергоемкий процесс. Используемые в процессе помола мельницы имеют разнообразные конструкции и принципы работы, которые подразделяются на механические (роliko-мятниковые, валковые, барабанные, кольцевые, шаровые, вибрационные и ударного действия) и струйчатые (воздухоструйчатые, пароструйчатые). В мельницах барабанного типа процесс размолла материала осуществляется: ударом и истиранием движущихся мелющих тел; в шаровых кольцевых - истиранием и раздавливанием, при движении шаров верхнего и нижнего кольца; валковых - истиранием и раздавливанием меж валками и тарелкой; роliko-мятниковых - истиранием и раздавливанием, меж крутящимися роликками и неподвижным кольцом; ударного действия - соударением с отражающими панелями и ударами крутящихся молотков; вибрационных - воздействия вибрации размалывающих тел; струйчатых - самоизмельчения материала, вследствие огромных скоростей его перемещения в струе пара или газа [1,2,3,7,8,9].

3.1. МЕЛЬНИЦЫ БАРАБАННОГО ТИПА

Основными характеристиками барабанных мельниц считаются длина (L) и диаметр (D), входящих в условную маркировку. К примеру: трубная мельница диаметром $D = 2$ м и длиной $L = 10,5$ м обладает маркой 2x10,5 м. При соотношении $L/D < 3$, мельницы принято называть барабанными, если $L/D > 3$ - трубными. Конструкции современных мельниц имеют $L/D = 3,3 \dots 3,6$ [1,2,3,9].

Типизация барабанных мельниц осуществляется:

по способу функционирования - непрерывного и периодического функционирования;

по процессу размолла - мокрого и сухого размолла;

по принципу функционирования мельницы, функционирующие по замкнутому и открытому циклу;

от формы размалывающих тел - стержневые, шаровые и самоизмельчения (размалывающие тела отсутствуют);

по виду отгрузки - с пневматической и механической отгрузкой;

по конструкции отгрузочного и погрузочного механизма с отдаленной отгрузкой, отгрузкой и погрузкой посредством полых цапф, отгрузкой и погрузкой сквозь люки;

по виду привода - с удаленным и центральным приводом.

Для тонкого размолла каолина, глазури и изготовления глиняных изделий используют мельницы периодического воздействия. В производстве стройматериалов наибольшее предпочтение отдают мельницам непрерывного воздействия. Мельницы барабанного типа 0,3x1,8; 1,5x1,6; 1,5x3 и 1,5x5,6 м используют при сухом и мокром размолле стройматериалов низкой и средней твердости. Мельницы трубного типа 2x10,5; 2,6x13 м применяют при размолле исходных материалов и клинкера цемента; мельницы 4x13,5 м - при размолле клинкера с добавками и первичных материалов при мокром изготовлении цемента.

При сухом размолле клинкера цемента для отвода теплоты и удаления пылевыведения мельницы оборудуются аспирационным приспособлением, включающим в себя вентилятор, фильтр и осадительные циклоны, что повышает продуктивность мельниц на 9 ... 12%. Эффективность мельниц при

мокрое размола на 22 ... 26 % больше сухого размола. Работа мельниц может осуществляться по замкнутому и открытому круговороту, представленному на рис. 3.1.

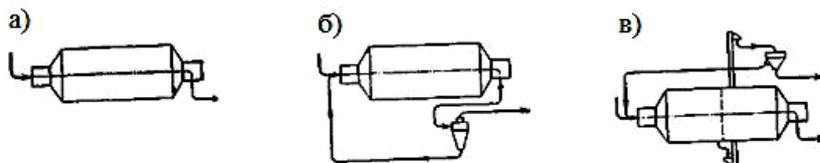


Рис. 3.1. Технология функционирования мельниц трубного типа
а. – открытый круговороту; б – замкнутый круговороту с гидроциклоном при мокром помоле; в - замкнутый круговорот с сепаратором при сухом помоле

Работа мельниц по замкнутому круговороту заключается в том, что материал по завершению размола поступает на классификацию: (вибрационное сито, грохот дугового типа, гидроциклон), для отделения завершеного продукта и не готового, какой снова направляется в мельницу на размол. Трубные мельницы типа барабана имеют в своем составе погрузочный бункер, пустотные цапфы, фронтальные крышки, упоры подшипников, барабана, межкамерных переборок, бронештуперовки, отгрузочного механизма, электрического оборудования, размалывающих тел, электропривода, механизма смазки. Конструкция барабана выполнена сварной, из стали листовой формы. Внутренность барабана облицовывается износостойкими панелями. Это необходимо с целью защиты внутренней поверхности барабана от поломок и понижения шумового воздействия. С целью понижения теплотерьер и звука под бронепанели укладывают ткань из асбеста. Типоразмеры износостойких панелей: 260 - 550 мм по длине, 280 - 450 мм по ширине и 40 - 90 мм по высоте. Исполнение плоскости плит бывает волнистым, узорчатым, гладким, ребристым, ступенчатым и каблучковым и изготавливаются из аустенитной стали. Конструкцию межкамерных переборок исполняют с концентричным или расположенных по радиусу щелей, одинарного, двойного или элеваторного типа. Для межкамерных переборок значение активного сечения составляет 11-14%, выходящих решеток 6-8 %. Исполнение межкамерных переборок из слабомарганцовистой стали листового типа. В некоторых случаях, межкамерные переборки выполняют наклонными, увеличивая при этом напряженность обрабатывания материала размалывающими телами, что увеличивает КПД мельниц. Конструкция отгрузочной и погрузочной фронтальной крышки выполняется стальным литьем и монтируется винтами к фланцам барабана. Внутренность фронтальных крышек облицована износостойчивыми панелями сталью Г13ХЛ. Отгрузочные и погрузочные трубчатые шнеки исполняются сварной конструкции, позволяющей производить однородную отгрузку и погрузку материала. Конструкция привода мельниц делает возможным поворот барабана с периодом 0,3 - 0,6 с-1 и замедленные обороты при выполнении техобслуживания и ремонта с периодом 0,0015-0,0025 с-1. Замедленное вращение выполняется дополнительным приводом, включающим муфту-тормоз, регулятора, обгонной муфты переключения и электромотора, представленные на рис. 3.2.

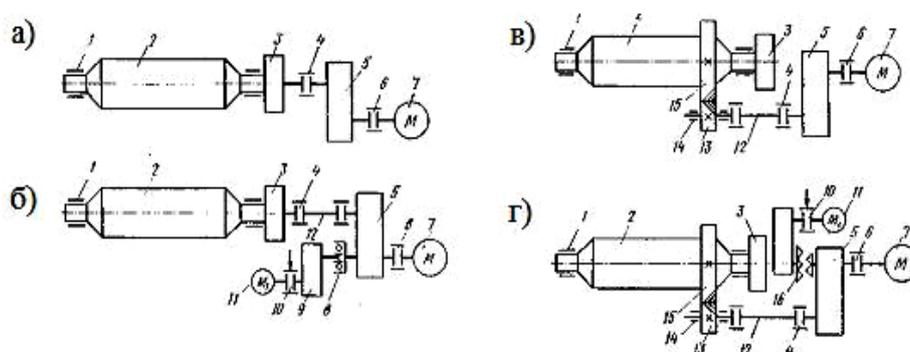


Рис. 3.2. Технология работы привода трубных мельниц
а, б - с центральным приводом; в, г - с периферийным приводом, посредством зубчатого венца: 1 - подшипниковая опора; 2 - корпус мельницы; 3 - разгрузочное устройство; 4, 6 - соединительные муфты; 5 - редуктор; 7 - электродвигатель главного привода; 8 - обгонная муфта; 9 - редуктор вспомогательного привода; 10 - муфта с тормозом; 11 - электродвигатель вспомогательного привода; 12 - соединительный вал; 13 - подвенцовая шестерня; 14 - подшипниковая опора шестерни; 15 - зубчатый венец; 16 - кулачковая муфта.

В качестве опор крутящейся конструкции мельниц служит пара подшипников скольжения. Конструкция подшипников включает сферический вкладыш, посредством которого они полагаются на сферическую плоскость опоры, что делает возможным уравнивать отклонения при монтаже мельницы. Размалывающие тела выполнены в виде шаров и цилиндров, длинных или коротких из легированной стали. При диаметре шаров от 16 до 75 мм их подвергают закалке и отпуску с твердостью не ниже 420 НВ (НРС 44), при диаметре от 85 до 120 мм твердость составляет как минимум 370 НВ (НРС 39). Для первой камеры коэффициент наполнения мельницы размалывающими телами составляет 0,36, а для остальных камер - 0,26 - 0,31.

В процессе работы мельницы, вследствие износа размалывающих тел, выполняется их пополнение по истечению 160-220 ч. При наработке мельницей 1850-2100 ч. производят всю смену мелющих тел.

Продуктивность размола материала зависит от траектории продвижения размалывающих тел в барабане, определяющейся периодом обращения барабана мельницы. Характер движения мелющих тел определяется угловой скоростью, калибром барабана, коэффициентом наполнения размалывающими телами. При небольшой центростремительной скорости размалывающие тела поднимаются на незначительную высоту в барабане и после этого катятся вниз, не вызывая удара. Когда очень значительная центростремительная скорость, то размалывающие тела придавливаются к внутренней поверхности барабана, при воздействии центробежной силы, производя совместное вращение, не совершая размола материала.

Согласно положения, об обеспечивании номинальной высоты падения размалывающих тел по траектории параболы, устанавливается наилучшая угловая скорость барабана. Измельчение материала осуществляется, вследствие удара и истирания, при условном передвижении размалывающих тел и частичек материала.

Устройство мельниц

Основные конструктивные узлы барабанных мельниц различных типоразмеров в большинстве случаев идентичны. Типовая мельница трубного типа 3,2x15 м, состоящая из двух камер, представлена на рис. 3.3 [1,2,3,9].

На подшипники 2 крепится барабан 3, осуществляет круговращение от электродвигателя 9 посредством понизителя 7 и карданного вала 6. Подача материала в барабан осуществляется посредством загрузочного устройства 1, а законченный продукт отводится с помощью отгрузочного механизма 5.

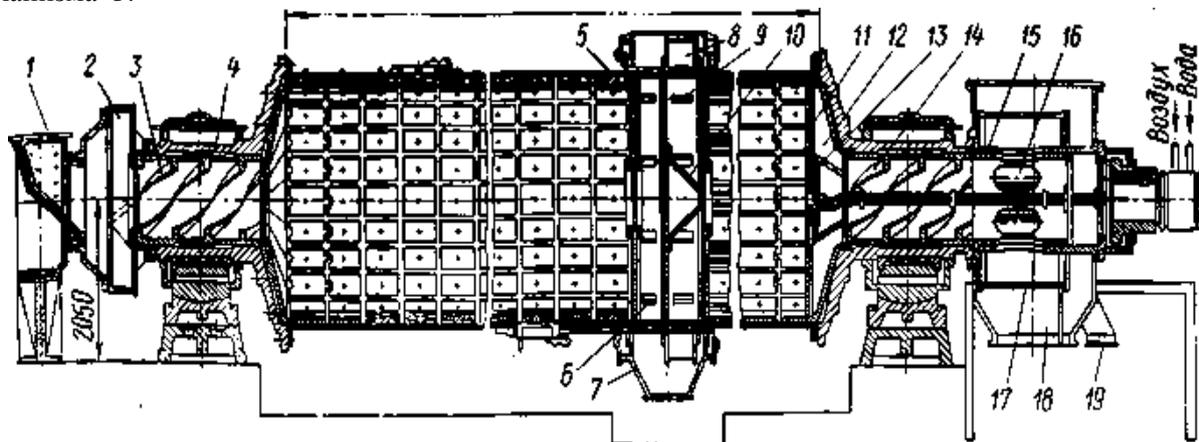


Рис. 3.3. Конструкция барабана мельницы при мокром самоизмельчении

На подшипники 2 крепится барабан 3, осуществляет круговращение от электродвигателя 9 посредством понизителя 7 и карданного вала 6. Отгрузочно-погрузочный междуканальный отдел 4, расположен в средней части барабана. Для техобслуживания подшипников барабана и понизителя в мельнице предусмотрена система сосредоточенной смазки 10. Дополнительный привод 8 служит для выполнения восстановительных работ. С целью снижения температуры и устранения статического электрического заряда, появляющегося во вторичной камере в процессе растирания клинкера с добавками, в мельницу впрыскивается вода из устройства 11, включающей в себя форсунку, водопровод, водораспределительной системы и электронасоса.

Процесс помола осуществляется следующим образом (см. рис.3.3). В загрузочный бункер 1 поступает исходный материал и, посредством питателя 2 и полого шнека 3, расположенного в пу-

стотной цапфе 4, подается в первичный барабан камеры. Размалываемый материал с течением времени движется к межкамерной переборке 5 и сквозь щели в ней и окошечки 6 в стенке барабана попадает в оболочку 7, затем воздушным транспортером поступает в сепараторы. Мелкие фракции, прошедшие в сепараторах, подаются на склад готовой продукции пневманасосами. Крупноизмельченный материал, по аэрожелобу попадает в приемный трубку 8 погрузочного элемента междукамерного отдела, сыпется в барабан сквозь окна 9 и, посредством, лопастей элеватора, приподнимается и высыпается на конус 10, направляющего его во вторичную камеру. Некоторая часть материала, по надобности, снова направляется в первичную камеру. В процессе измельчения материал выходит из мельницы через щели во фронтальной решетке 11 и с помощью лопастей 12 и конуса 13 продвигается в шнек в виде трубы 14. Трубошнек подводит материал к трубке 15, чрез которую он, высыпаясь сквозь окна 16, поступает на грохот 17. Измельченный продукт посредством трубки 18 отводится на склад, а удержанные на сите мало размолотые тела отводятся по трубке 19 на дальнейшее измельчение.

При открытом функционировании мельницы, отгрузочные окошечки 6 закрываются особыми крышечками, и материал попадает непосредственно во вторичную переборку в погрузочном секторе междукамерного отдела и затем во вторичную камеру барабана. Корпус барабана мельницы выполняется, сварной конструкции из стали листовой формы. Поверхность внутри барабана облицована плитам из износостойчивой стали со звукопоглощающим прокладочным материалом. Каблучковыми панелями облицована первичная камера

(см. рис. 3.4, г), вторичная - ступенчатыми (см. рис. 3.4, а), волнистыми панелями (см. рис. 3.4, б, в).

В отдельных случаях, в мельницах используют особую резинотехническую футеровку.

Конструкция подшипника мельницы включает крышку, вкладыш, и корпус. Процесс самостановления подшипников осуществляется сопряжением их по сферической поверхности корпуса и вкладыша.

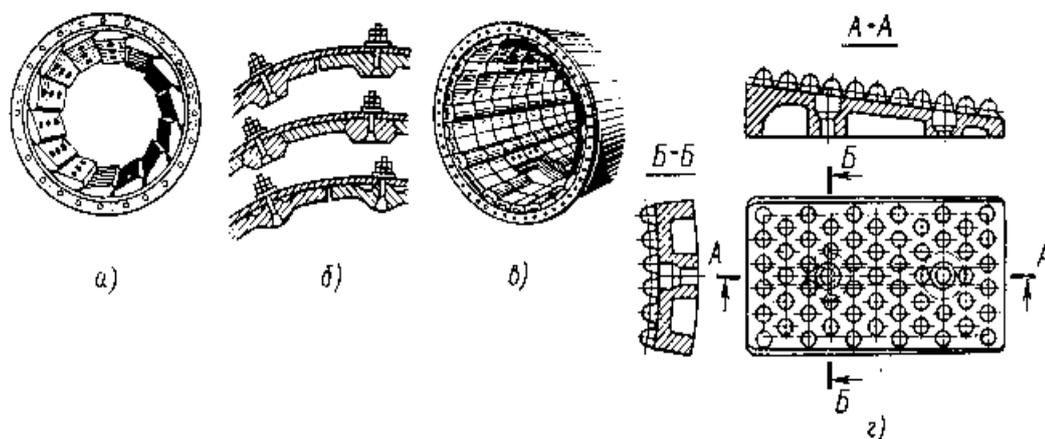


Рис. 3.4. Виды исполнения облицовочных плит
 а - ступенчатые; б, в - волнистые с болтовым и безболтовым креплением;
 г - каблучковые

С целью отвода тепла при помоле цемента и устранения пылевыведения, мельницу оборудуют вытяжной конструкцией, включающей в себя фильтр, осадительные циклоны и вентилятор. Данная конструкция присоединена к приемной камере, поэтому мельница пребывает в разряженном состоянии, что исключает пыление сквозь неплотности в местах погрузки и выгрузки. При использовании вытяжной конструкции КПД мельницы увеличивается на 9-12 %.

Размол отдельных материалов, иногда, разумно осуществлять мельницами без размалывающих тел, что снижает энергопотребление и изнашивание трущихся частей, составляющий в шаровых мельницах от 0,9 до 1,4 кг/т.

В процессе производства цемента используют мельницы без мелющих тел типа «Гидрофон» на первом цикле измельчения при мокром размоле исходного продукта, конструкция которого представлена на рис. 3.5.

Из погрузочного бункера 1 материал поступает в пустотную цапфу 2 и затем винтовыми лопастями 3 в барабан 5, укрепленный в подшипниках 4, к которым дополнительно поступает вода. Облицовка барабана осуществляется стальными панелями, на коих закреплены брусья 6, которые вы-

ступают на 180-230 мм над панелями при шаге размещения 600 мм. Брусья способствуют захвату материала и подниманию его на высоту, соответственную сектору перемещения барабана 145-155°.

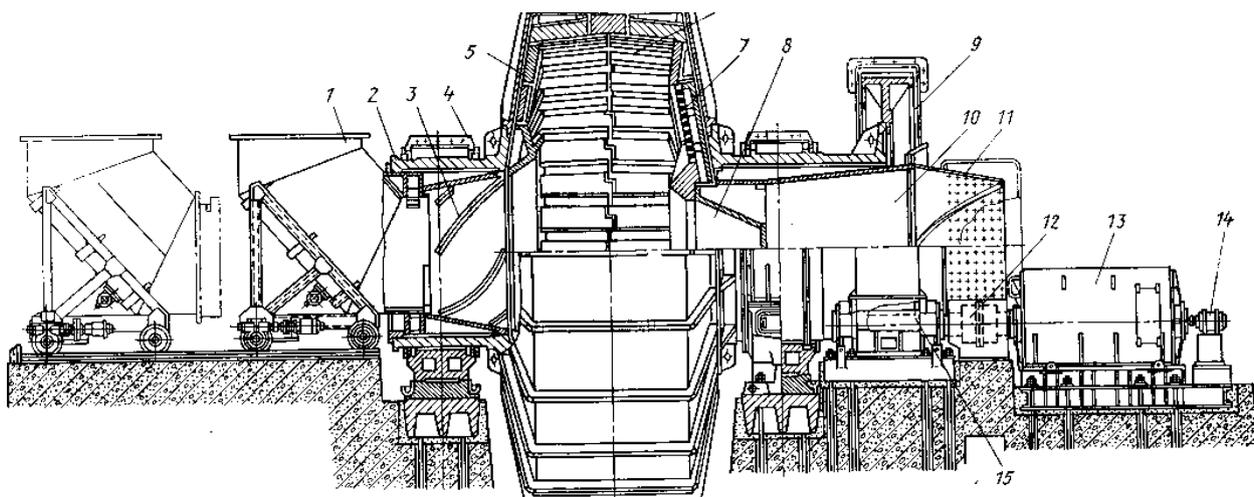


Рис. 3.5. Конструкция мельницы барабанного типа при мокром самоизмельчении

Процесс измельчения материала осуществляется посредством соударения кусочков друг с другом, облицовку и истиранием. Облицовка фронтальных стенок осуществляется ребристыми панелями, сконструированными наклонно на 12° . Внутренний пояс фронтальных облицовок представлен формой усеченного конуса-отражателя, что облегчает перемешивание сырья и отправление его в среднюю часть барабана. С целью пропускания готового материала возле отгрузочной лобовой поверхности барабана установлена стенка 7 со спиралевидным расположением отверстий конического сечения диаметром 18 мм.

В центральной части решетчатой стенки мельниц, осуществляющих размол рудной породы, сконструировано отверстие диаметром 280 мм с целью прохода не дробимого материала, которое жестко закрепляют заслонкой при размоле шлама. Измельченный продукт спускается по конусному включению 8 в углубление 10 и затем попадает в барабанное сито 11.

Процесс вращения барабана мельницы осуществляется электродвигателем 13 посредством сцепления 12, шестерни 15 и зубчатой шестерни 9, закрепленной к пустотной цапфе. Дополнительный электродвигатель 14 служит для проведения техобслуживания и ремонта. Конструкции мельниц для самоизмельчения обладают барабаном с небольшой длины (соотношение длины к диаметру составляет 0,3-0,6) и диаметром 6-10 м. Исходный материал может достигать размеров до 380 мм. В процессе размола сырьевых компонентов цемента в мельницы вводят металлические шары диаметром 90 мм количеством 9-12% от массы материала. На материале малой твердости эффективность мельниц составляет 3800 т/ч по начальному не влажному сырью. В этом случае 25-42% исходящего из мельницы сырья представляет собой готовый продукт, а оставшийся материал попадает на вторичный цикл размельчения трубных мельниц. При сухом способе изготовления цемента используют мельницы для самоизмельчения конструкции «Отличие их заключается в выполнении облицовки барабана и конструкций погрузочных и отгрузочных механизмов. Также усовершенствованна схема и конструкции подачи потока подогретого воздуха, выполняющего функцию подсушивания материала, в процессе измельчения и вынос готового продукта из барабана в сепараторы.

Достоинство барабанных мельниц это простота конструкции и удобство в применении. Основными недостатками данных конструкций являются: рабочий объем барабана эксплуатируется на 37- 46%, незначительные скорости влияния размалывающих тел на продукт, электропотребление достигает 37- 45 кВт·ч/т.

При производстве строительных материалов в большинстве случаев применяют мельницы непрерывного функционирования, осуществляющие размол по мокрому и сухому способу, функционирующие в закрытом или открытом кругообороте. В конструкциях мельницах, функционирующих при мокром размоле, выходящий материал из них поступает, не полностью измельченным. В этом случае, в сепараторах он разделяется на готовый продукт и крупную фракцию, которая повторно поступает на измельчение. Такая технология функционирования, повышает производительность и эффективность помола, благодаря постоянному исключению из мельницы мелкого фракционного состава.

Для тонкого помола эмали и каолина при производстве тонкой керамики применяют мельницы периодического действия. Конструкции мельниц с весьма укороченным барабаном принято называть шаровыми, а при длине превосходящей диаметр от 5 до 6 раз - трубными.

Типоразмер шаровых мельниц 0,9x1,8 и 1,5x1,6 м (диаметр и длина барабана), ориентирован на размол материала средней прочности, изготавливают в двух вариантах: для мокрого и сухого процесса размола. Конструктивные различия в них механизма загрузки и разгрузки. Для сухого процесса размола стройматериалов и рудной породы предусмотрена мельница 1,5x5,6 м. Мельницы трубного типа 2x10,5 и 2,6x13 м используют для мокрого и сухого размола в открытом кругообороте сырья и клинкера, которые требуют мелкого помола.

В замкнутом и открытом кругообороте при размоле податливого сырья мокрым процессом и размола исходного продукта с подсушиванием в замкнутом кругообороте применяют мельницы с типоразмером 3,2x8,5 м. Мельница трубного типа 3,2x15 м предназначена при мокром размоле сырья и размоле клинкера в замкнутом или открытом кругообороте. Для размола исходных продуктов и клинкера с добавками мокрым измельчением используется мельница 4x13,5 м. При помоле исходного продукта вместе с его подсушиванием в замкнутом кругообороте, используют мельницы типоразмера 4,2x10 м. Основные технические параметры мельниц барабанного типа показаны в таблице 6.

Основные технические параметры мельниц барабанного типа

Таблица 6.

Показатель	Шаровые			Трубные			Самоизмельчение		
							«Гидрофол»	«Аэрофол»	
	Диаметр x длина барабана, м								
	0,9x1,8	1,5x1,6	1,5x3,0	2x10,5	3,2x15	4,2x10	5x2,3	7x2,3	9,7x3,2
Производительность, т/ч	5,4 ***	6 ***	18***	18 *	76 **	130 *	240	400	260
Частота вращения барабана, об/мин	39	28	25	20,8	16,3	16,5	15,5	13,0	9,6-12,4
Мощность главного двигателя, кВт	22	55	100	500	2000	2000	630	1600	2x2000
Масса (без электрооборудования и мелющих тел), т	5	13	21	97	357	329	194	403	740
Масса мелющих тел, т	2,3	4,8	10,5	32	140	140	-	-	-

* При тонкости помола, соответствующей 10% остатка на сите № 0,08.

** При работе в замкнутом цикле и тонкости помола 8% остатка на сите № 0,08.

*** При крупности готового продукта до 2,5 мм.

Технология помольных установок

Технологическая установка сухого помола, функционирующая по замкнутому кругообороту с сепаратором, представлена на рис. 3.6. Посредством дозаторов, исходный продукт из бункеров **1** поступает через питатель **2** в мельницу **3**. Материал, помолотый в первичной камере, посредством отгрузочного механизма по аэролоткам **16** поступает в элеватор **8**, и затем, по лоткам **7** подается в сепараторы **6**. Частицы крупного размера из сепараторов по аэролоткам **4**, **5** и **15** поступают на дополнительный помол в мельницу. Фракции мелких размеров из сепараторов по аэролотку **13** подают в пневманогетатель **14**, транспортирующий их на склад. Дымоотсос **10** производит удаление воздуха из мельницы, аспирационной шахты **9**, циклонов **12** и электрофильтров **11**. Материал, находящийся в циклонах и фильтрах поступает в пневманогетатель **14**. Измельченный продукт, прошедший первичную и вторичную камеры, при функционировании мельницы по открытому кругообороту поступает непосредственно в пневманосос **14** и затем на склад.

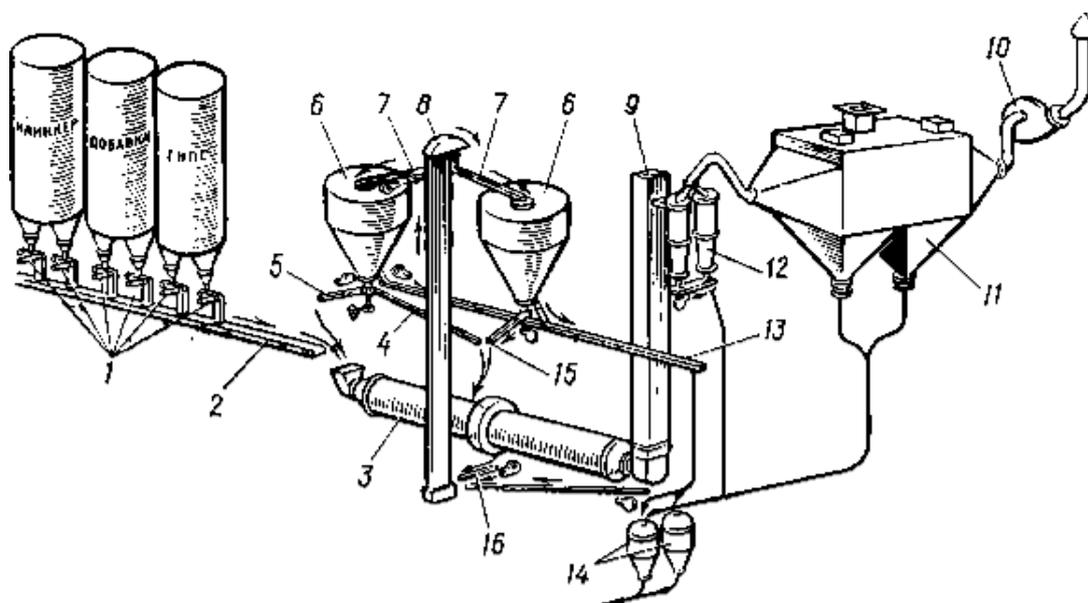


Рис. 3.6. Технология сухого размола помольного оборудования

Технологическое оборудование мокрого размола представлено на рис.3.7. Первоначально шлам, приготовленный глиноболтушкой 1, гидронасосом 2 направляется в гидроциклон 3, который отделяет мелкую фракцию, не требующую размола, и затем поступает по продуктопроводу 5 в приемное устройство 6. Фракции крупных размеров из гидроциклона подаются в мельницу 4 и по окончании размельчения гидронасосом 7 поступают в шламовые бассейны.

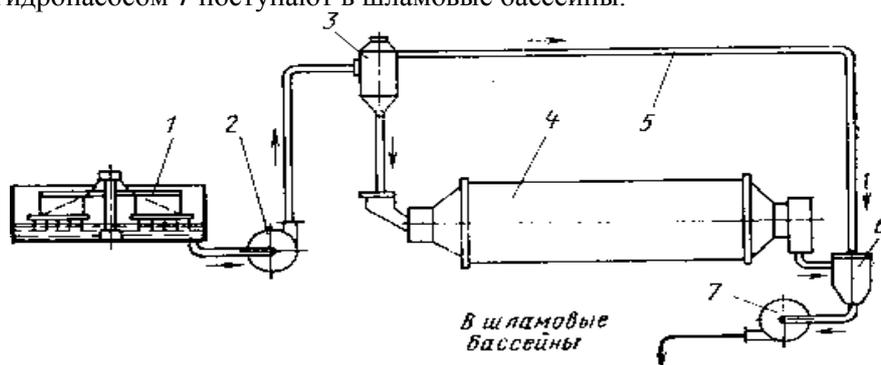


Рис. 3.7. Технология мокрого размола помольного оборудования

Средство автоматизации обязано гарантировать удаленное регулирование аппаратами устройства, выполнять контроль инженерных характеристик операции размола и корректировать параметры работы механизмов с целью обретения наибольшей продуктивности с высшим качеством готовой продукции [10,12]. Процесс интенсификации размола и повышение качества готовой продукции в мельницах барабанного типа находится во взаимосвязи со степенью ее заполнения и параметров измельчаемого вещества.

При наличии определенного соотношения между степенью загрузки мельницы материалом и порогом шума можно оценивать характер функционирования мельницы. Выбор этого оптимального соотношения гарантирует стабильностью тонины помола мельницы.

Блок-схема автоматического координации функционирования размольного оборудования представленная на рис. 3.8, включает в себя преобразователь звука 1, конвектор-усилитель 2, электронные управляющие устройства 3, из которых радиосигнал поступает на микроконтроллер 4, который посредством запрограммированной дозы 5 меняет продуктивность дозаторов 7. В процессе перемены задания дозатору и адекватно его продуктивности, сигнал отклик, излучаемый с датчика индукционного типа 6 исполнительного механизма, меняется так, чтобы работа регуляторов была выровненной.

Соотношение по весу главного компонента и модификаторов, согласно инструкции, постоянно сохраняется при различных переменных степени погрузки мельницы. Перемену запроса дозаторам использования модификаторов с учетом изменения расхода главного составляющего, производится

элементом внутренней самосинхронизации: синхронизатора-датчика и синхронизатора-приемника, установленных соответственно в двигателях дозаторов главного составляющего и модификатора. При мокром размоле автоматическое устройство координации не имеет принципиальных различий со схемой сухого размола, и при соотношении величины децибелов шума, зафиксированных

в первой камере, меняется введение сырья подобранное дозаторами. Координация влажности шлама в автоматическом режиме производится коррекцией введения воды в мельницу. В этом случае, применяется взаимосвязанная взаимозависимость периодичности шума, определяемого шумовым датчиком в зоне шламообразования, и влагосодержанием шлама.

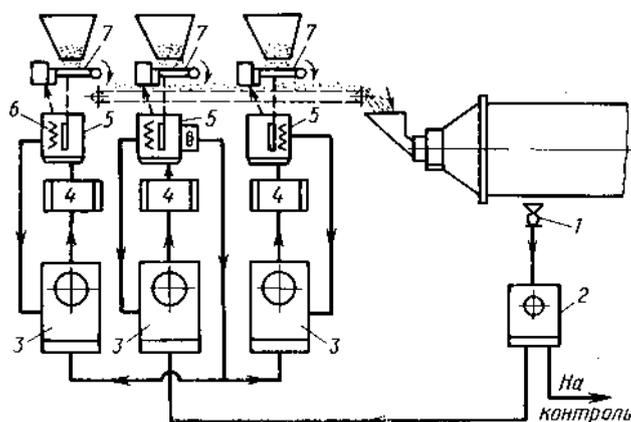


Рис. 3.8. Блок-схема автоматического устройства координации функционирования размольного оборудования

Блок-схема контролирования агрегатами размольного оборудования включает в себя дополнительные устройства, позволяющие на расстоянии координировать в полном составе механизмами управления мельницы, устройствами доставки приготовленного шлама, системой смазки ее узлов, и приборами для выполнения анализа химического соединения шлама. С помощью вычислительных программ, принимая во внимание результаты лабораторного анализа структуры шлама, производится действие по запрограммированию процесса функционирования дозаторов ингредиентов сырья.

Специфичность функционирования установок помольного типа

Специфичное функционирование системы автоматического управления требует неукоснительного выполнения нижеследующих условий:

- тонина помола трудноразмалываемых материалов должна осуществляться в строгом соответствии с требованиями технической эксплуатации загрузки мелющими телами, их заменой и пополнением;

- крупность загружаемого материала в мельницу не должна превышать нормированных значений для данной типа мельницы и технологического оборудования;

- конструкции питателей должны обеспечивать двухкратный запас КПД по отношению к номинальному КПД мельницы и осуществлять равномерную и непрерывную подачу материала;

- температурно-влажностные параметры исходного продукта обязаны соответствовать рабочему диапазону, так как изменение их от нормированного значения ведет к изменению звучания и нарушению калибровки этого сигнала датчиками микрофонами. С целью исключения попадания пыли и загрязненного воздуха в атмосферу необходимо герметизировать каналы продвижения газов и материалов. Ежедневно необходимо контролировать работоспособность устройств уплотнения. В процессе работы необходимо строго следить за показаниями приборов, регистрирующих давление в аспирационных системах, степень запыленности воздуха и температурный режим в производственных помещениях, которые должны быть оснащены системой вентиляции и обеспыливания воздуха. В помещениях должна быть оборудована система вентиляции и обеспыливания, исключая выброс пыли в окружающее пространство.

В соответствии, с техническими условиями эксплуатации необходимо планово производить проверку аппаратуры смазочной конструкции узлов и агрегатов мельницы, а также приборов, контролирующих температуру и давление смазки [10,12]. С целью снижения шума необходимо устанавливать резиновые вкладыши между корпусом и облицовкой мельницы. Блокпосты координации должны оснащаться звукоизолированными кабинами с приточно-вытяжной вентиляцией.

Вопросы для самоконтроля

1. Какими способами производится дробление материала в барабанных мельницах?
 2. В каких случаях применяют барабанные мельницы?
 3. Какие виды технологии функционирования мельниц трубного типа?
 4. Какое функциональное назначение бронефутеровок в мельницах?
 5. Какая применяется сталь для облицовки фронтальных крышек барабана мельниц?
 6. Какие виды размалывающих тел применяют в мельницах?
 7. Через какой промежуток времени производят пополнение размалывающих тел в мельницах?
 8. Когда производится в мельницах смена всех мелющих тел?
 9. Какими видами панелей облицована первичная и вторичная камера барабана мельницы при мокром самоизмельчении?
 10. В каком случае применяют мельницы типа «Гидрофон»?
 11. Какие отличительные особенности конструкции мельницы Аэрофол, с мельницами конструкции «Гидрофол»?
 12. Перечислите основные достоинства и недостатки барабанных мельниц?
- Пример расчета электродвигателя шаровых мельниц и задание для самостоятельного выполнения приведено в приложении 6.

3.2. МЕЛЬНИЦЫ С УВЕЛИЧЕННОЙ БЫСТРОТОЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МЕЛЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ

Базовая информация

При повышении тонины помола энергопотребление операции измельчения значительно повышается. С уменьшением крупности частиц повышается их условная твердость, вследствие сокращения количества фрагментов порушенного строения. Под воздействием межмолекулярных сил возникшие на начальной стадии нагружения микротрещины могут закрываться. Нейтрализация этого явления возможна при введении ПВА, которые адсорбируются на частицах и проникают в трещины. Эти жидкие пленки отгораживают молекулярные силы, стремящие соединить трещины. Явление «залечивания» частиц снижается при увеличении быстроты приложения нагрузок и частотного воздействия импульса силы, что приводит к интенсификации процесса разрушения, вследствие усталостных проявлений.

Вышеописанный процесс деструкции материалов внес свою лепту в теоретическую основу улучшения оборудования для помола и, в частности, конструирования агрегатов, работающих на высоких скоростях движения измельчаемых тел. К такому типу машин можно отнести умереннотходные валковые, шаровые и роliko-маятниковые мельницы [1,2,3,9].

3.2.1. ШАРОВЫЕ КОЛЬЦЕВЫЕ МЕЛЬНИЦЫ

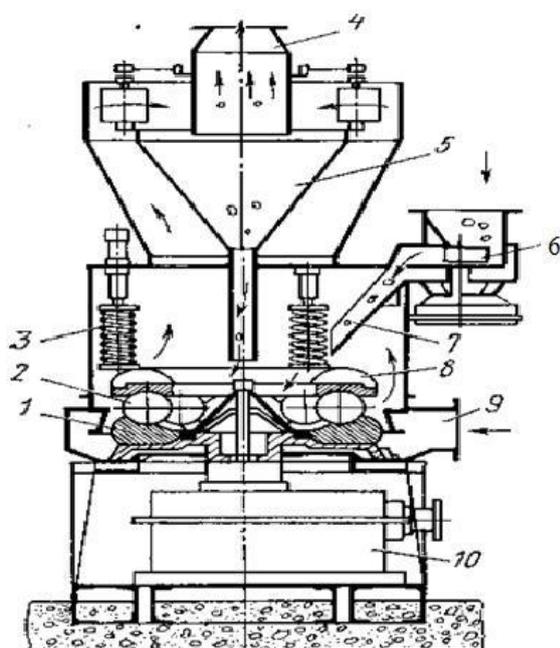


Рис. 3.9. Конструкция шаровой кольцевой мельницы

На рис. 3.9 представлена шаровая кольцевая мельница, используемая для размолва каолина, селенита, мела. В данной конструкции измельчение материала производится совместно раздавливанием и истиранием при условном передвижении колец 1, 8 и шаров 2.

Автопитатель 6 по лотку 7 подает материал на нижнее кольцо 1, которое вращается посредством понизителя 10. При воздействии центробежных сил материал направляется в лоток, внутри которого размещены шары диаметром 200-280 мм, прижимаемые к нижнему кольцу с помощью верхнего кольца 8, посредством пружин 3. Размолотый материал ссыпается посредством внешней кромки нижнего кольца и отводится потоком воздуха, доставляемым по гофре 9, при скорости 25-35 м/с в сепарирующее устройство 5, в котором осуществляется классификация по фракциям. Мате-

риал полной готовности выводится по патрубку 4, а требующий дополнительного измельчения, снова подается в 6 мельницу. В соответствии с технических нормами, диаметр мелющих шаров в 11-14 раз должен быть больше номинального размера измельчаемого материала.

С целью создания процесса выброса из кольца наиболее крупных частиц под действием центробежных сил период вращения кольца устанавливают немного меньше по отношению с вращением мельницы.

Продуктивность мельницы зависит от тонины помола и характеристик исходного продукта и находится экспериментальным путем.

3.2.2. МЕЛЬНИЦЫ ВАЛКОВОГО ТИПА

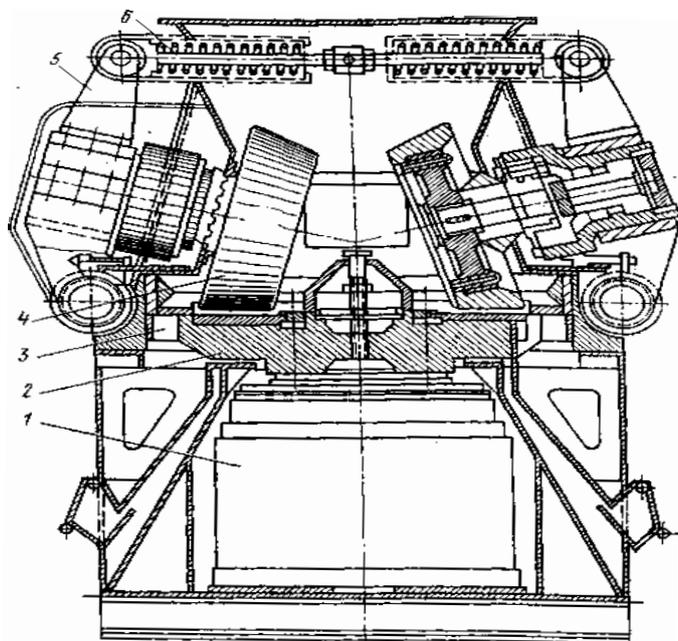


Рис. 3.10. Конструкция валковой мельницы

На рис. 3.10 представлена типовая конструкция валковой мельницы [1,2,3,9]. Измельчаемый материал размещается между тарелкой 2, вращаемой двигателем, посредством понизителя 1 и валками 4.

Прижатие валков к тарелке осуществляется стягивающими пружинами 6 закрепленных на кронштейнах 5.

В конструкциях мельниц данного вида применяется два валка. Под действием силы трения при вращении тарелки активизируется процесс вращения валков. Перемещающиеся по тарелке валки измельчают материал посредством раздавливания и истирания.

Подаваемый по каналу 3 поток воздуха выносит размельченный продукт в сепаратор. Диаметр тарелки в валковых мельницах составляет 0,7-1,8 м. Период обращения тарелки не превышает 3,5 м/с.

3.2.3. РОЛИКО-МАЯТНИКОВЫЕ МЕЛЬНИЦЫ

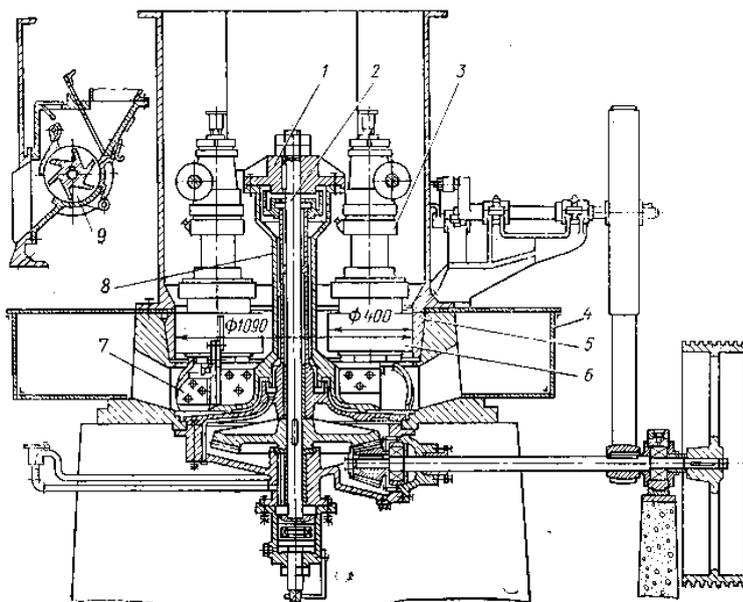


Рис. 3.11. Конструкция ролико-маятниковой мельницы

Данный тип конструкций мельниц предназначен для размельчения мягких и средней твердости пород материала (извести, селенита, каолина) [1,2,3,9]. В типовой конструкции данных мельниц, представленной на рис. 3.11, материал измельчается между жестким кольцом 5 и роликами 6, которые передвигаются по кольцу посредством вращения крестовины 1, которая крепится на отвесном валу 2. На маятниках 3 крепятся ролики, закреплены одношарнирно к крестовине. При действии центробежных сил, вращающейся крестовины, ролики придавливаются к жесткому кольцу. Автопитателем 9 материал поступает в мельницу и посредством плужных лопаток 7, закрепленных к пиноли 8, вращающихся вместе с валом, при-

поднимается и подается на кольцо 5 перед роликом. Газовым потоком, который подводится по трубопроводу 4, помолотый материал уносится в сепаратор. У мельниц данного типа калибр помольного кольца составляет 700-1700 мм и роликов 400-800 мм.

3.2.4. МЕЛЬНИЦЫ УДАРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Типизация и главные характеристики мельниц

Измельчение материала в мельницах ударного типа осуществляется, вследствие удара крутящихся бил со скоростью 35-75 м/с, вторичных столкновений частиц с защитной конструкцией и друг с другом.

Мельницы ударного типа используют для предварительного размола мягких пород (каолина, антрацита, асбеста, и селенита) с параллельной подсушкой размолотого материала. Максимальная первоначальная температура сушильного агента способна доходить до 400°, при температуре воздушной смеси 60-800°С.

В строительной индустрии используют мельницы с твердо, зафиксированными на роторе билами и одношарнирно подвесными молотками-билами.

Главные технические характеристики мельниц данного типа представлены в табл. 7.

Основные параметры мельниц ударного воздействия

Таблица 7.

Показатель	Шахтные				Аэромобильные		Дезинтеграторы		
	с шарнирными билами				с жесткими билами				
Диаметр ротора, м	800	1000	1300	1500	855	1045	440	1000	1335
Окружная скорость бил, м/с	40	50	50	57	80	78	23	37	47
Мощность двигателя кВт	30	45	125	250	50	90	4,3	18,3	28
Производительность, т/ч	2-3	3-5	9-12	12-14	2,5	5,0	2,0	6,0	10,0

*Примечание. Для аэромобильных и шахтных мельниц приведена производительность при размоле антрацита; для дезинтеграторов - при размоле каолина влажностью до 9 %.

Конструктивные особенности и технология установки

Конструкция мельницы ударного типа имеет модификацию дробилок ударного действия, представленную на рис. 3.12. Измельчение материала производится ударами шарнирных молотков 2, закрепленных на кронштейнах 1 вращающегося ротора 3, вторичным соударением частиц о защитные панели 4 и и растиранием меж молотков и колосниками в нижней сфере камеры. В процессе вращения ротора в камере возникает вакуум, что обеспечивает засасывание воздушных потоков, посредством каналов 1.

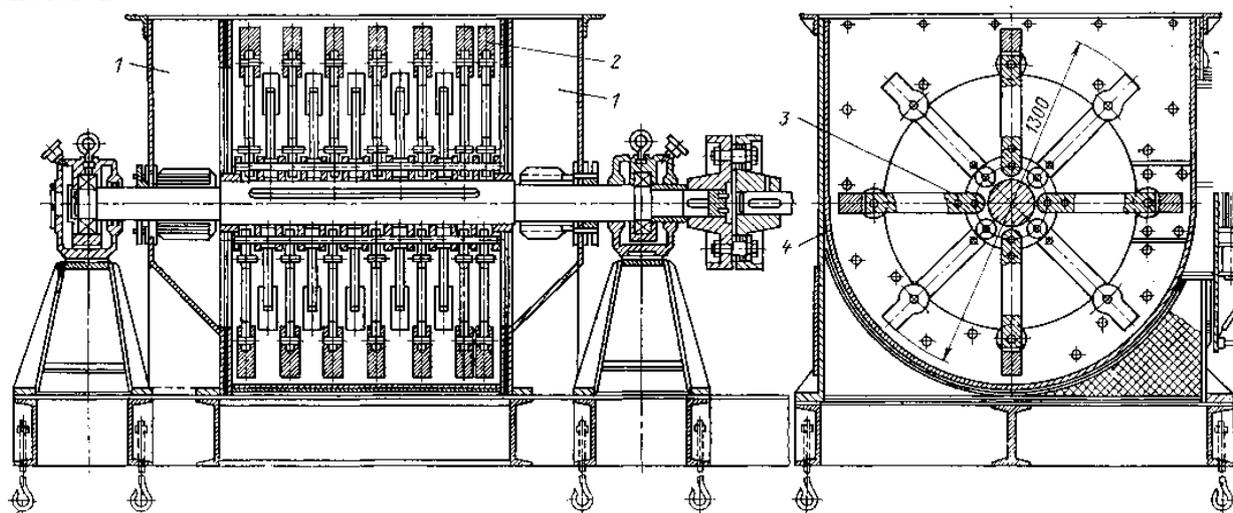


Рис. 3.12. Конструкция мельницы с шарнирно-подвешенными молотками

В большинстве случаев, мельницы ударного типа функционируют совместно с полнокомплектным оборудованием, в котором струю газа применяют для транспортировки и сепарирования материала. Мельница шахтного типа, представленная на рис. 3.13, в которой измельчаемый материал подводится по трубке 1 в шахту 2, заполняя зону меж билами и стенкой мельницы. Пропускание материала в нижнюю зону помола и сброса его в шахту осуществляется вращающимися молотками ротора 3. В процессе вращения ротора в камере помола возникает вакуум, что обеспечивает засасывание воздуха посредством приемных каналов 4. Размолотые фракции мелкого состава воздушной

струей перемещаются из шахты в осадительные устройства. Выпадающие из струи газа крупные кусочки снова подаются в мельницу для повторного измельчения. В качестве сепаратора используется шахта мельницы. Регулировкой положения отбойных плит 5, изменяющие пропускное отверстие шахты и скорость продвижения газа контролируют тонину помола материала.

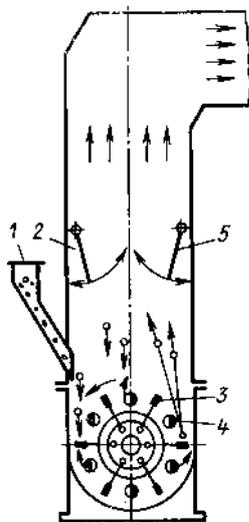


Рис. 3.13. Конструкция шахтной

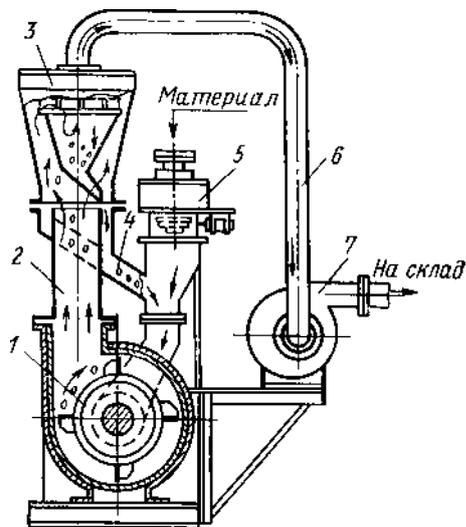


Рис. 3.14. Конструкция аэробильной мельницы

Конструкция аэробильной мельницы представлена на рис. 3.14 с твердо закрепленными билами и с вентилятором, сепаратором и питателем. Автопитателем 5, тарельчатого типа, материал поступает в мельницу 1. Выбрасывание частиц в патрубок 2, закрепленный к горловине мельницы осуществляется билами ротора. Вследствие разрежения, вызываемого пропеллером 7, материал подается на сепаратор 3, разделяясь по крупности. Частицы мелкого состава отсасываются по патрубку 6 в осадительные устройства. Материал крупных фракций по лотку 4 направляются в мельницу на повторное измельчение.

При измельчении извести, трепела и каолина используется мельница ударного воздействия корзинчатого типа, представлена на рис.3.15, которая называется дезинтегратором [10,12].

На валы 1 и 10, смонтированные на станину 12, установлены ступицы 3 и 4, на которых прикреплены диски 5 и 8, приводимые в противодвижение от персональных двигателей посредством ременных передач и роликов 2 и 11.

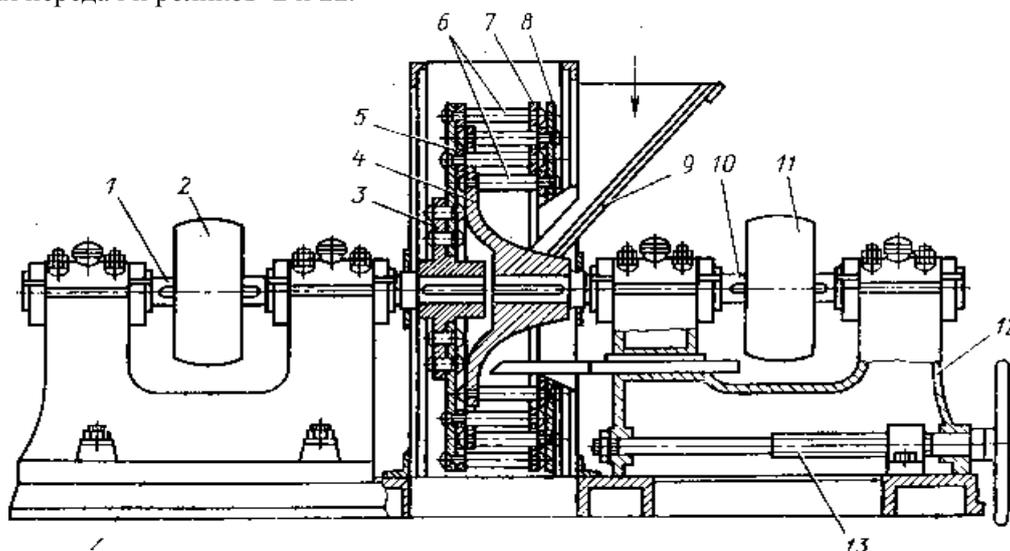


Рис. 3.15. Конструкция дезинтегратора

По концентрическим окружностям пальцы 6 жестко прикреплены к дискам. Независимые концы пальцев соединены между собой кольцами 7. Из воронки 9 размельчаемый материал попадает

на ступицу 4 и спускается по ней в сферу обращения пальцев, где претерпевает многократные удары.

С целью облегчения техобслуживания и ремонта один ротор укреплен на перемещающие опоры, которые передвигаются с помощью винтового устройства 13.

Вопросы для самоконтроля

1. В каких случаях применяется шаровая кольцевая мельница?
2. Почему период вращения кольца у шаровой кольцевой мельницы устанавливают немного меньше по отношению с вращением мельницы?
3. В каких случаях применяют роliko-маятниковые мельницы?
4. В каких случаях применяют мельницы ударного воздействия?
5. Как функционирует шахтная и аэробильная мельницы?

3.3. МЕЛЬНИЦЫ СВЕРХТОНКОГО ПОМОЛА

Общая информация

Интенсификации различных технологических процессов напрямую связана с тониной помола материала. Так, повышение тонкости помола цемента на 65-75%, дает возможность повысить его класс в два раза и ускорить время твердения, что обеспечивает существенную экономию цемента. В этом случае рационально использовать машины для сверхтонкого измельчения, в которых размалывающие тела действуют на измельчаемый продукт высокочастотной составляющей, к примеру, мельницы вибрационного типа. Высокочастотное столкновение частиц при огромных, ничем не ограниченных скоростях движения, осуществляется в турбулентных потоках газа, к примеру, в мельницах струйного типа. Струйные мельницы пневматического типа лишены движущихся частей, что дает возможность применять в них износостойкие, но не прочные материалы (базальтовое литье, майолику). Они наиболее эффективны, когда требуется идеальная чистота измельченного материала [10,12].

3.3.1. МЕЛЬНИЦЫ ВИБРАЦИОННОГО ТИПА

Мельницы вибрационного типа классифицируют на гирационные и инерционные [1,2,3,9]. Конструкция инерционной мельницы, представленная на рис. 3.16, имеет в своем составе корпус 1, в который вмонтирован дебалансный вал 2, установленный на подшипниках 3 и приводимый во вращение электродвигателем 4. Корпус мельницы соединяется со станиной при помощи пружин 5.

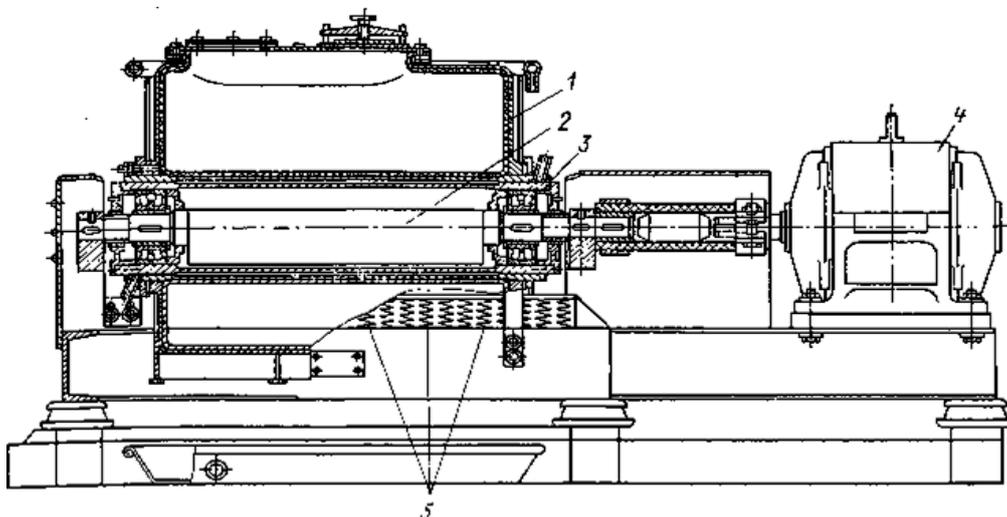


Рис. 3.16. Конструкция инерционной вибрационной мельницы

Вследствие, ротации вала корпуса мельницы с нагруженными мелющими телами и материалом вибрирующими с большой частотой происходит интенсивное его измельчение.

При функционировании мельницы загрузка замедленно изменяет свое положение в противоположную сторону направления вращения дебалансного вала. Процесс запуска барабана гирационной мельницы в круговое колебательное движение осуществляется эксцентриковым валом, на котором он смонтирован.

В конструкциях отдельных вибромельниц предусмотрена не одна камера помола.

Вибромельница двухкамерного типа, представленная на рис. 3.17, включает в себя два барабана 5, смонтированных на пружинах 6 и присоединенных траверсами 7, в которых установлен вибратор 8.

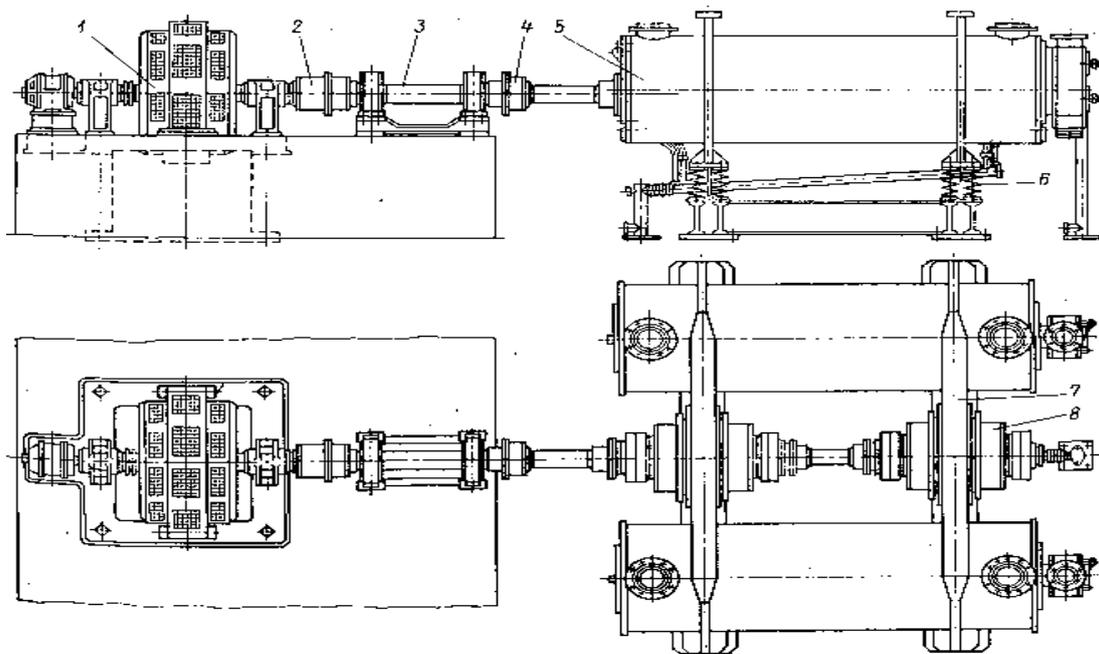


Рис. 3.17. Конструкция вибромельницы двухкамерного типа

Вращение вала вибратора осуществляется электродвигателем **1** посредством сцепления **2** и контрпривода **3** через гибкую муфту **4**.

В процессе работы вибромельницы выделяется большое количество тепла, которое приводит к нагреву материала и корпуса до 280°C . Нагрев мельницы значительно повышается при увеличении тонины помола, что значительно снижает ее КПД. С целью уменьшения температуры нагрева производят охлаждение водой барабанов мельниц.

Мельницы вибрационного типа используют как при мокром, так и при сухом способе размола.

Технологическое оборудование с вибромельницей непрерывного действия, изображено на рис. 3.18.

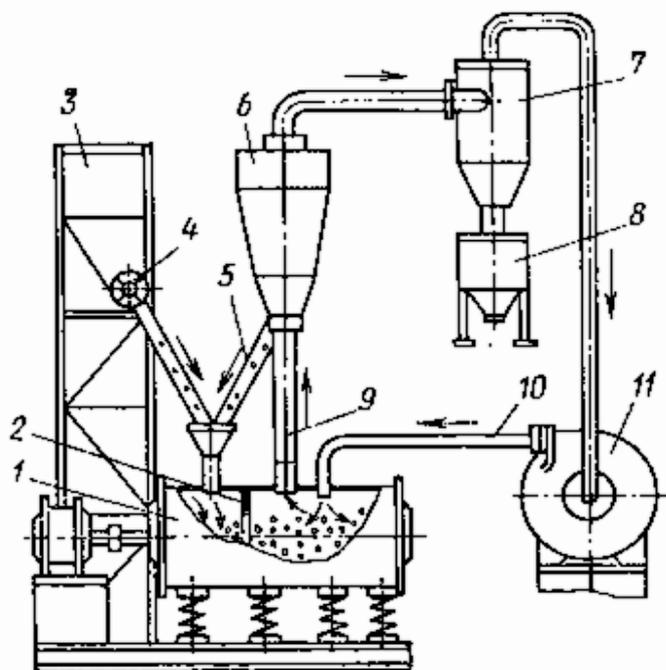


Рис. 3.18. Технология помольной установки мельницей вибрационного типа непрерывного действия

Ячеечным автопитателем **4** материал из бункера **3** поступает в вибромельницу **1**. По патрубку **10** пропеллером **11** в верхнюю секцию мельницы качается воздух, который переносит мелкую фракцию на сепаратор **6**. Отделенные в сепараторе крупные фракции повторно возвращаются по лоткам **5** и **9** в мельницу на повторное измельчение, а мелкие совместно с выходящими газами подаются в циклон **7**, где осуществляется осаждение их в приемник **8**. Воздух, обеспыленный в циклоне, поступает в пропеллер **11**. Зона продувки отделена от впускной секции барабана мельницы мембраной **2**.

Автоматизированное регулирование аппаратурой позволяет при пуске электродвигателя мельницы производить более ранний запуск электронасосов охлаждения, смазки, автопитателя и пропеллера. Основные характеристики мельниц вибрационного типа, представлены в табл. 8.

Показатель	М-50	М-100	М-230	М-400	М-1000	М-2000	М-2700
Объем корпуса, м ³	0,05	0,2	0,23	0,4	1,0	2,0	2,7
Частота колебаний, 1/с.	50	25	25	25	16	16	10
Амплитуда колебаний, мм.	4	3	4	3,5	4,5	7,0	14,0
Мощность двигателя, кВт.	10	14	23	28	160	320	420
Производительность при сухом помоле клинкера до частиц 20- 40 мкм, т/ч	0,1-0,2	0,3-0,6	0,5-0,8	1,2-2,0	4-5	6-10	9-15

3.3.2. МЕЛЬНИЦЫ СТРУЙНОГО ТИПА

В зависимости от типа энергоносителя мельницы струйного типа классифицируют на паро- и воздушоструйные. Технология противоточной эжекторной мельницы, представлена на рис.3.19. Из бункера **2** материал подается в разгоночные трубочки **4** и **9**, увлекается сжатым воздухом, поступаемым по трубочкам **3** и **10**, и уносится в камеру размола **5**. Процесс измельчения материала производится в результате столкновения частиц со встречными турбулентными струями. По патрубок **2**, использованный энергоноситель уносит продукт помола на сепаратор, прикрепленный к фланцу **7**. Поверхность камеры изнутри облицована износостойчивыми конструкциями **8**. Люки **1** служат для проведения регулировки и контроля техсостояния сопл. Технология установки помольного типа противоточной струйной мельницей идентична вышерассмотренной установки с вибромельницей. Принципиальное различие заключается в том, что в мельницу подается сжатый воздух не при помощи вентилятора, а компрессора под давлением, (5-9) 10⁵ Па.

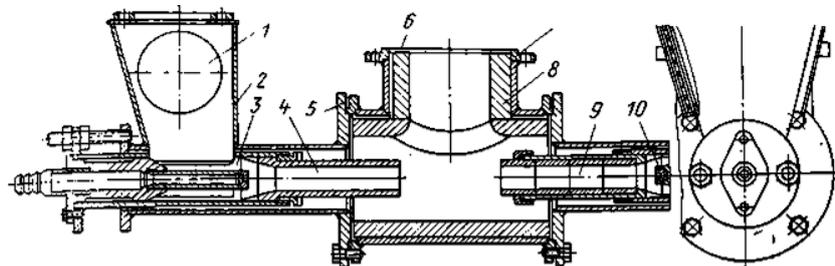


Рис.3.19. Конструкция противоточной струйной мельницы

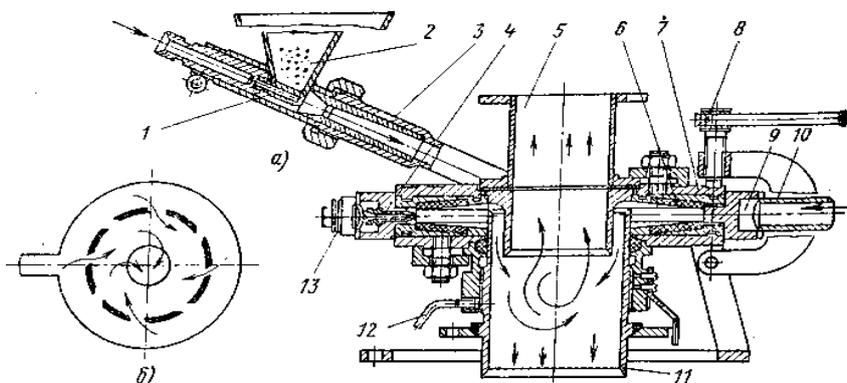


Рис. 3.20. Конструкция струйной мельницы с плоской помольной камерой
а - схема; б - схема ввода газа в камеру

Мельница струйного типа с плоской помольной камерой, представлена на рис. 3.20, работает по следующему режиму. Из бункера **2** исходный продукт вводится в эжектор сжатым воздухом, подающимся через сопло **1**, затем вводится в распределитель **9**, по которому подается по трубочке **10** энергоноситель. Из распределителя материал увлекается энергоносителем, подающимся посредством сопла **4**, и выводится в камеру помола **7**, облицованную износостойчивыми элементами **6**. Угловое

расположение сопел, позволяет многократно пересекаться потокам газа в камере размола (см.рис. 3.20, б). При круговом продвижении частиц в камере помола на них воздействуют усилия давления газа и центробежное усилие. Так как, усилие давления газа пропорциональна квадрату диаметра частицы, а центробежное усилие кубу ее диаметра, то центростремительная усилие будет превышать центробежное в процессе размельчения. Поэтому частицы мелкой фракции выносятся газом в щель между трубочками **5** и **11**, а крупной остаются в камере помола. Степень истекания энергоносителя из камеры помола корректируется высотным расположением трубочки **11** и стопорится болтом **12**. К основанию, захватками **8**, закреплена оболочка мельницы. Для смены сопел предусмотрены люки с заглушками **13**. Скорость газа в трубке **11** многократно снижается и в этом месте падает главная часть материала.

По трубе **5**, использованный теплоноситель с мелкими фракциями уводится в пылеочистительные конструкции.

Технология размольного оборудования кольцевой мельницы струйного типа, представлена на рис.3.21.

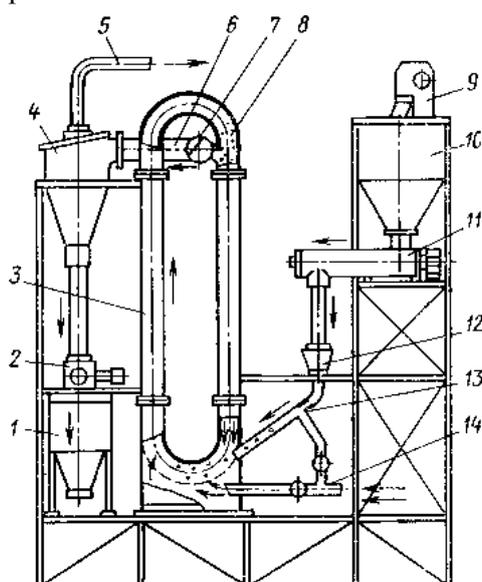


Рис. 3.21. Технология размольного оборудования кольцевой мельницы струйного типа

Загружаемый продукт транспортером **9** из бункера **10**, автопитателем **11** поступает в приемник **12**, из какого транспортером **13** поступает в нижний сектор кольцевой мельницы **3**. Воздух под давлением, по патрубку **14** подается под решетку в станине мельницы. При движении материала в верхнюю часть по левой трубе мельницы он многократно пересекается со струями газа, вследствие этого размельчается. В верхнем изогнутом промежутке **8** крупные частицы при действии центробежных сил выводятся к стенкам трубы, снижают скорость, опускаясь, по правой трубе вниз повторно вытягиваются в продвижение. Частицы мелкой фракции совместно с отработавшими газами попадают в изогнутую трубу переменного сечения типа улитки **7** и поступают на сепаратор **4** по трубке **6**. Мелкие частицы, отделенные в сепараторе, посредством затвора **2** поступают в бункер **1**. Используемый газ по трубке **5** от сепаратора подается в фильтры. Элементы конструкций струйных мельниц, характеристики рабочего процесса определяют опытно-экспериментальным путем. Первичными характеристиками являются удельный расход энергии и продуктивность.

Специфичность использования вибрационных мельниц

Работа вибрационных мельниц сопряжена с вредным воздействием вибрации и шума. Для снижения этих воздействий необходимо использовать более «гибкие» элементы опор, производящие гашения вибрации, которая передается на опорные конструкции. Работа мельниц осуществляется в резонансном режиме при отношении частот вынужденных и собственных колебаний 6:1. Поэтому блокпосты, с находящимся в них обслуживающим персоналом, устанавливаются на вибрационные вкладыши из резины пористого состава. Должны проводиться защитные мероприятия, которые исключают попадания пыли и загрязненного воздуха в окружающее пространство. Следует герметизировать каналы продвижения материалов и газов. Ежедневно необходимо проверять статус уплотняющих устройств.

При проведении профилактических осмотров и ревизии технического состояния узлов и деталей мельниц, следует особое внимание уделять на состояние механизмов закрепления пружин, облицовки [10,12].

Вопросы для самоконтроля

1. Какими способами производится размол материала в вибрационных мельницах?
2. Классификация мельниц вибрационного типа?
3. С какой целью применяют вибрационные мельницы?
4. В каких случаях применяют струйные мельницы?
5. Принцип помола в струйных мельницах?
6. Какой энергоноситель используют в струйных мельницах?
7. Перечислите основные элементы эжекторной и струйной мельницы?

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов, В.С. Технологические комплексы и механическое оборудование предприятий строительной индустрии: учебник / В.С. Богданов. – Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2010. – 624 с.
2. Борщевский, А.А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий: учебник / А.А. Борщевский, А.С. Ильин. – Москва : Альянс, 2009. – 368 с.
3. Борщевский, А.А., Ильин А.С. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий : учебник для вузов / А.А. Борщевский, А.С. Ильин. – Москва : Высшая школа, 1987. – 366 с.
4. Борщев, В. Я. Оборудование для измельчения материалов : дробилки и мельницы : учебное пособие / В. Я. Борщев. – Тамбов: Изд-во Тамбовского Государственного Технического Университета, 2004. – 75с.
5. Вернигорова, В.Н. Физико-химические основы строительного материаловедения / В. Н. Вернигорова. – Москва : Изд-во АСВ, 2003. – 136 с.
6. Дворкин, Л.И., Дворкин, О.Л. Строительное материаловедение [Электронный ресурс] / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. Москва : Инфра-Инженерия, 2013. – 832 с. (<http://www.biblioclub.ru/>).
7. Кайбышев, О.А. Сверхпластичность, измельчение структуры и обработки труднодеформируемых сплавов / О.А. Кайбышев, Ф.З. Утяшев. – Москва : Наука, 2002. – 438 с.
8. Каменева, Е.Е. Технологические основы производства щебня / Е.Е. Каменева. – Москва : Изд-во «Горная книга», 2010. – 247 с.
9. Механическое оборудование и технологические комплексы [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.М. Пуляев, – Москва : Московский государственный строительный университет; ЭБС АСВ. – 2015. – 480 с.
10. Романюк, Т.Ф. Технология производства строительных материалов : учебное пособие / Т.Ф. Романюк, Г.Г. Петров. – Томск : Изд-во ТГАСУ, 2008. – 154 с
11. Строительные материалы : учебник / под общей ред. В.Г. Микульского. – Москва : Изд-во АСВ, 2000. – 336 с.
12. Шмитько, Е.И. Процессы и аппараты технологии строительных материалов и изделий : учебное пособие / Е.И. Шмитько. – Санкт-Петербург : Проспект науки, 2010. – 736 с.

1.1. Пример расчета основных параметров щековой дробилки

Исходные данные.

Крупность кусков поступающего на завод каменного материала:

240 - 420 мм.

Предел прочности при сжатии $R = 230$ МПа.

Требуемые фракции щебня: 20 % 5-10 мм, 30 % 10-20 мм, 30 % 20-40 мм, 20 % 40-70 мм.

Рассчитывается ширина загрузочного отверстия B . Оно должно обеспечивать свободный прием кусков максимальной крупности. Должно быть соблюдено условие

$$B > \frac{D_{\max}}{0,85} = \frac{420}{0,85} = 494 \text{ мм, (6)}$$

где D_{\max} – максимальная крупность кусков в исходном материале, мм.

Степень измельчения:

$$i = \frac{D_{cp}}{d_{cp}}, \text{ (7)}$$

где D_{cp} – средний размер кусков до измельчения, мм;

d_{cp} – средний размер кусков после измельчения, мм.

D_{cp} для прочных пород принимается равным:

$$D_{cp} = \kappa \cdot D_{\max} = 0,8 \cdot 420 = 336 \text{ мм, (8)}$$

где κ - коэффициент принимаемый:

- 0,8 для прочных горных пород имеющих $R_{сж} = (230 - 400)$ МПа;

- 0,75 для горных пород средней прочности имеющих $R_{сж} = (120 - 230)$ МПа

- 0,7 для мягких горных пород имеющих $R_{сж} = (20 - 120)$ МПа.

Степень измельчения щековых дробилок $i = 3 \dots 6$, принимается $i = 4$, тогда: $d_{cp} = 84$ мм, что больше 70 мм, следовательно, дробление должно производиться в две стадии.

Определяется ширина выходной щели дробилки:

$$b = \frac{B \cdot 0,85}{i} = \frac{494 \cdot 0,85}{4} = 105 \text{ мм. (9)}$$

По полученным параметрам (B , b) по таблице 1 принимается дробилка ШДС 6х9. Производительность при рассчитанной b составляет 62 м³/час, что полностью обеспечивает потребность, т.к. 62 > 20,8 м³/час.

Мощность электродвигателя 75 кВт.

1.2. Задание для самостоятельного выполнения

Таблица 9

№ варианта	Крупность кусков каменных материалов.	Предел прочности при сжатии, $R_{сж}$	Требуемые фракции щебня, мм			
			20%	30%	30%	20%
1	200-400	200	5-10	10-20	20-40	40-60
2	190-380	220	5-10	10-20	20-30	30-50
3	180-360	230	5-10	10-20	20-30	30-60
4	170-350	240	5-10	10-20	20-40	40-50
5	160-340	250	5-10	10-20	20-40	40-80
6	150-320	260	5-10	10-20	20-40	40-90
7	140-300	270	5-10	10-15	15-30	30-70
8	130-280	280	5-10	10-15	15-40	40-70
9	120-260	290	5-15	15-20	20-30	30-60
10	110-250	300	5-15	15-25	25-35	35-50
11	220-360	100	5-10	10-15	15-30	30-40
12	230-380	110	5-10	10-15	15-20	20-30
13	240-390	120	5-10	10-15	15-25	25-35
14	250-400	130	5-10	10-15	15-30	30-45
15	240-410	140	5-10	10-20	20-30	30-40
16	240-430	150	5-10	10-25	25-35	35-45
17	250-430	160	5-10	10-20	20-40	40-50
18	260-440	170	5-10	10-25	25-40	40-60
19	260-450	180	5-15	15-25	25-40	40-70
20	270-460	190	5-15	15-20	20-35	35-60

1.1. Пример расчета основных параметров конусной дробилки

Исходные данные:

- крупность кусков поступающего на завод каменного материала: 200-240 мм;
- требуемые фракции щебня: 20-40 мм, $R_{сж} = 230$ МПа.

Исходя из требуемой производительности – 11,2 м³/ч, будет использоваться дробилка среднего дробления с консольным валом.

Для данных дробилок угол между дробящими поверхностями подвижного и неподвижного конусов составляет 12°-18°. Принимается угол равный 16°.

По справочной литературе выбирается дробилка, учитывая производительность, наибольший размер загружаемых кусков материала, размер выходной щели. Если в справочнике приведена только ширина загрузочного отверстия, то наибольший размер загружаемых кусков материала принимается:

$$D_{\max} < B \cdot 0,85, \text{ мм} \quad (10)$$

Производительность конусных дробилок:

$$V = 15 \cdot a \cdot D_n^2 \cdot \varphi \cdot n, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (11)$$

где a – размер выходящих кусков, м;

D_n – диаметр дробящего конуса, м;

φ – коэффициент разрыхления, равный 0,25-0,6, принимается 0,4;

n – число оборотов вертикального эксцентрикового вала в 1 сек.

Число оборотов вертикального эксцентрикового вала:

$$n = 113 \cdot \sqrt{\frac{\sin a - f \cdot \cos a}{l}}, \quad (12)$$

где n – берется из технических характеристик дробилки, $n = 5,42$ с-1;

a – угол наклона образующей дробящего конуса, 40°;

f – коэффициент трения материала о поверхность конусов, 0,35;

l – длина зоны параллельности;

$$l = \frac{133^2 \cdot (\sin 40^\circ - 0,35 \cdot \cos 40^\circ)}{5,42^2} = 223 \text{ мм},$$

$$l = 0,08 \cdot D_n. \quad (13)$$

Тогда $D_n = \frac{l}{0,08} = \frac{223}{0,08} = 2787 \text{ мм}.$

$$V = 15 \cdot 0,04 \cdot 2,787^2 \cdot 0,4 \cdot 5,42 = 10,10 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Объем материала, выходящего из дробилки за один оборот вала:

$$B = a \cdot l \cdot \pi \cdot D_n, \quad (14).$$

$$B = 0,078 \text{ м}^3.$$

Степень измельчения определяется также как для щековой дробилки.

Установочная мощность двигателя $N = 2 \cdot D_n^2 \cdot n = 84,2 \text{ кВт}.$

1.2. Задание для самостоятельного выполнения

Таблица 10.

№ варианта	Крупность кусков каменных материалов, мм	Требуемая фракция щебня, мм $R_{сж} = 230$ МПа.	Требуемая производительность, т/ч.
1	20-40	10-15	14
2	25-35	10-15	20
3	35-60	15-20	25
4	40-55	15-25	30
5	40-60	15-30	35
6	30-60	15-35	40
7	50-100	20-40	50
8	60-120	15-35	65
9	70-140	20-40	80
10	40-150	20-50	90
11	60-160	15-20	100
12	40-160	15-25	120
13	50-160	15-30	140
14	70-160	10-30	150
15	60-200	15-30	200

16	80-250	20-30	250
17	70-260	30-50	300
18	80-270	30-55	320
19	90-280	35-60	340
20	60-300	40-60	360

Приложение 3

1.1. Примеры расчетов роторных дробилок

Размер куска дробимого материала

$$d_{кр} = 230 \cdot 10^{-5} G_p / \rho_0 v_p^{1.5}, \quad (15)$$

где G_p - предел прочности материала при растяжении, Па;

ρ_0 - объемная масса дробимого материала, кг/м³;

v_p - скорость удара, принимаемая равной окружной скорости ротора, м/с.

Если же необходимо определить критическую скорость $v_{кр}$ для определенных значений G и ρ исходного материала и заданной крупности продукта дробления d , то из выражения (45) будем иметь

$$v_{кр} = 1,75 \cdot 10^{-2} \sqrt[3]{(G_p / (\rho_0 d))^2}. \quad (16)$$

Выбор конструктивных параметров роторной дробилки.

Скорость ротора v_p выбирается по формуле (38) в зависимости от заданной максимальной крупности продукта дробления d_{max} и характеристики материала - предела прочности на растяжение G_p и объемной массы ρ_0 .

Выбор размера выходной щели.

Крупность продукта дробления контролируется выходной щелью. Поэтому размер выходной щели устанавливается для дробилок мелкого и среднего дробления близким к заданному максимальному размеру d_{max} зерна.

Для дробилок среднего и мелкого дробления размер выходной щели

$$S = 2 d_{max} - d_{кр}, \quad (17)$$

где $d_{кр}$ - критический размер продукта дробления, м.

Выбор размеров зазоров между колосниками колосниковых решеток.

В дробилках с колосниковыми решетками часть продукта удаляется из камеры дробления через зазоры между колосниками. Крупность этого продукта должна соответствовать крупности продукта дробления, разгружающегося через выходную щель. При работе дробилки на режиме, обеспечивающем выход продукта крупность до d_{max} , зазор

$$S_K = d_{max} / (1,5 \dots 1,7). \quad (18)$$

Пример 1. Определить критический размер кусков известняка Турдейского месторождения для условий дробления в роторной дробилке при окружной скорости ротора 50 м/с.

Исходные данные:

предел прочности известняка при растяжении $G_p = 120 \times 10^6$ Па;

объемная масса известняка $\rho_0 = 2,69 \cdot 10^3$ кг/м³; скорость удара $v_0 = 50$ м/с.

$$\text{Тогда } d_{кр} = \frac{230 \cdot 10^{-5} \cdot 120 \cdot 10^6}{2,69 \cdot 10^3 \cdot 50^{1.5}} = 0,028 \text{ м.}$$

1.2. Задание для самостоятельного выполнения

Таблица 11.

№ варианта	Окружная скорость ротора, м/с	Горная порода	Объемная масса породы, кг/м ³	Предел прочности породы на растяжение, 10 ⁶ Па
1	40	Гранит	2600	143
2	45	Базальт	2800	127
3	50	Известняк	1000	90
4	55	Туф	2630	69
5	60	Кварцит	2650	144
6	40	Сиенит	2580	143
7	45	Кератофир	2690	138
8	50	Доломит	2800	69
9	55	Андезит	2730	68
10	60	Серпентин	3600	123
11	40	Магнетит	3100	137
12	40	Диабаз	2860	134

13	45	Диорит	2740	130
14	50	Лабрадорит	2600	115
15	55	Габбро	3000	136
16	60	Гнейсы	2650	80
17	40	Диорит-порфир	2710	142
18	45	Известняк	1600	112
19	50	Кальцит	2780	122
20	55	Нефелин	2650	131

Пример 2.

Нужно подобрать режим работы дробилки ДРС 12,5х12,5 для дробления известняка Турдейского месторождения:

$$G_p = 120 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2;$$

$$\rho_0 = 2,69 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3;$$

для получения продукта крупностью $d_5 = 40$ мм.

Решение.

По формуле (16) скорость ротора

$$v_{кр} = 1,75 \cdot 10^{-2} \sqrt[3]{(120 \cdot 10^5 / (2,69 \cdot 10^3 \cdot 0,04))^2} = 40 \text{ м/с.}$$

Принимаем $v = 35$ м/с, что соответствует фактической скорости.

Размер первой выходной щели вычисляем по формуле (19):

$$S_1 = 2 \cdot 0,040 - \frac{230 \cdot 10^{-5} \cdot 120 \cdot 10^3}{2,69 \cdot 10^3 \cdot 35^{1,5}} = 0,08 - 0,05 = 0,03 \text{ м.}$$

Минимальный размер выходной щели для дробилки ДРС 12,5х12,5 равен 0,02 м, т.е. остается некоторый запас хода щели на корректирующую регулировку.

Если отражательная плита выполнена в виде колосниковой решетки, то зазор $S_k = d_{max} / 1,5 = 0,04 / 1,5 = 0,027$ м.

1.3. Задание для самостоятельного выполнения

Таблица 12.

№ варианта	Дробилка марки	Горная порода	Объемная масса породы, кг/м ³	Крупность продукта, мм	Предел прочности породы на растяжение, 10 ⁶ Па
1	М 6-4	Гранит	2600	40	143
2	М 8-6	Базальт	2800	30	127
3	М 13-16	Известняк	1000	35	90
4	М20-20	Туф	2630	40	69
5	М20-30	Кварцит	2650	30	144
6	М 6-4	Сиенит	2580	40	143
7	М 8-6	Кератофир	2690	30	138
8	М 13-16	Доломит	2800	35	69
9	М20-20	Андезит	2730	40	68
10	М20-30	Серпентин	3600	30	123
11	М 6-4	Магнетит	3100	40	137
12	М 8-6	Диабаз	2860	30	134
13	М 13-16	Диорит	2740	35	130
14	М20-20	Лабрадорит	2600	40	115
15	М20-30	Габбро	3000	30	136
16	М 6-4	Гнейсы	2650	40	80
17	М 8-6	Диорит-порфир	2710	30	142
18	М 13-16	Известняк	1600	35	112
19	М20-20	Кальцит	2780	40	122
20	М20-30	Нефелин	2650	30	131

1.1. Пример расчета основных параметров валковых дробилок

Исходные данные:

- порода – известняк $R_{сж} = 150$ МПа;
- крупность кусков поступающего на завод каменного материала: 15-30 мм.

Требуемая фракция щебня: 5-10 мм.

Требуемая производительность $12,8$ м³/ч.

Определяется диаметр валков из следующих соотношений:

- $D/d = 9-20$ для гладких валков;
- $D/d = 10-12$ для рифленых валков;
- $D/d = 2-6$ для зубчатых валков,

где D – диаметр валка;

d – диаметр куска загружаемого материала.

Большее значение принимают для твердых материалов (известняк, гранит, песчаник), меньшее для мягких (глина).

$$D = 600 \text{ мм} = 0,6 \text{ м}$$

Степень измельчения валковых дробилок $i = 3-5$ для твердых пород и

$i = 8 - 10$ для глины.

Принимается $i = 4$.

Таким образом, a – зазор между валками (размер выходящих кусков) будет равен $0,85 \cdot d/i = 6,4$ мм.

Число оборотов валков должно находиться в интервале:

$$n = (6 - 12) \cdot \frac{10}{D}, \text{ об/мин. } n_{\min} = 6 \cdot \frac{10}{0,6} = 100 \text{ об/мин,}$$

$$n_{\max} = 12 \cdot \frac{10}{0,6} = 200 \text{ об/мин}$$

$$V = 235 \cdot K \cdot B \cdot a \cdot D \cdot n_{\min} \quad (20)$$

где V – производительность дробилки, м³/ч;

K – коэффициент, учитывающий использование ширины валков и степень разрыхления материала. ($K = 0,2 - 0,3$ для твердых пород, $K = 0,4 - 0,6$ для глин).

$$B = \frac{12,8}{235 \cdot 0,3 \cdot 0,0064 \cdot 0,6 \cdot 100} = 0,47 \text{ м.}$$

Определяется усилие между валками:

$$F = 36200 \cdot B \cdot D \cdot R_{сж}, \text{ Н, для твердых пород (21).}$$

$$F = 36200 \cdot 0,47 \cdot 0,6 \cdot 150 = 1531,26 \text{ кН.}$$

$$F = 10700 \cdot B \cdot D \cdot R_{сж}, \text{ Н, для глин. (22)}$$

Потребляемая мощность определяется по формуле

$$N = 23,33 \cdot R_{сж} \cdot n_{\max} \cdot B, \text{ Вт. (23). } N = 23,33 \cdot 150 \cdot 200 \cdot 0,47 = 29,6 \text{ кВт.}$$

По справочной литературе выбирается дробилка на основании полученных параметров.

1.2. Задание для самостоятельного выполнения

Таблица 13.

№ варианта	Крупность кусков каменных материал., мм	Предел проч. при сжатии, $R_{сж}$ МПа	Горная порода	Объемная масса породы, кг/м ³	Крупность продукта, мм	Требуемая производительность, т/ч
1	15-20	161	Известняк	2750	5-10	14,8
2	15-20	20,3	Аргиллит	2400	5-10	15,4
3	15-30	151	Доломит	2830	5-10	16,2
4	15-30	20	Глин. сланец	2710	5-10	20,4
5	20-40	0,5	Суглинок	1200	5-10	22,3
6	20-40	15	Гипс	2250	5-10	18,5
7	15-50	2,0	Мел	1900	5-10	25,8
8	15-50	40	Мергель	2800	5-10	19,4
9	20-75	37	Туф	2260	5-10	25,3
10	20-75	11,5	Глина	2990	5-10	35,4
11	15-20	32,5	Уголь	1570	5-10	25,2

12	15-20	30	Глин. сланец	2800	5-10	26.7
13	15-30	57	Туф	2420	5-10	35.7
14	15-30	60	Аргиллит	2720	5-10	28.9
15	20-40	80	Известняк	2720	5-10	30.4
16	20-40	80	Доломит	2730	5-10	38.6
17	15-50	75	Глин. сланец	2780	5-10	40.8
18	15-50	9,5	Глина	2260	5-10	45.4
19	20-75	24	Туф	2290	5-10	37,7
20	20-75	55,6	Аргиллит	2570	5-10	44.3

Приложение 5

1.1. Пример расчета основных параметров бегунов

Исходные данные:

- 1) диаметр чаши $D = 1,8$ м;
- 2) число оборотов вертикального вала $n = 0,5 \text{ с}^{-1}$;
- 3) масса катка $m = 2000$ кг.

Производительность бегунов для сухого помола (т/ч.)

$$Q = 2,15 \cdot m \cdot D \cdot n, \quad (24)$$

где m - масса катка, кг; D - диаметр чаши, м; n - частота вращения вала, об/с.

$$Q = 2,15 \cdot 2000 \cdot 1,8 \cdot 0,5 = 3,87 \text{ т/ч.}$$

Определим требуемую мощность электродвигателя N_{mp} (Вт):

для привода бегунов может быть вычислена по мощности, требуемой на перекачивание катков N_1 на преодоление сил трения скольжения катков N_2 и на преодоление сил трения скребков N_3 :

$$N_{mp} = (N_1 + N_2 + N_3) / \eta, \quad (25)$$

где η - КПД двигателя (0,65 – 0,85).

Для перекачивания катков необходима сила тяги (Н)

$$P = G \cdot \mu, \quad (26)$$

где G - сила нажатия катка на дно чаши, Н; μ - коэффициент тяги, равный $0,15 \div 0,45$.

Мощность для перекачивания катков (Вт)

$$N_1 = k \cdot G \cdot \mu \cdot R \cdot n, \quad (27)$$

$$N_1 = 2 \cdot 2 \cdot 0,3 \cdot 9,53 \cdot 188,4 = 2154,54 \text{ Вт,}$$

где k - число катков; n - угловая скорость катков, с^{-1} ; R - средний радиус качения, м.

Мощность для преодоления сил трения скольжения катков (Вт)

$$N_2 = k \cdot G \cdot v_{\text{ск}} \cdot f, \quad (28)$$

где $v_{\text{ск}}$ - средняя скорость скольжения, м/с;

f - коэффициент трения катка о материал.

Если ширина катка b , то $v_{\text{ск}} = 2\pi \cdot n \cdot b / 2 = \pi \cdot n \cdot b$, (29)

где $v_{\text{ск}}$ - максимальная скорость скольжения, м/с.

Скорость скольжения возрастает с увеличением ширины катка.

Таким образом, с увеличением ширины катка истирающий эффект бегунов повышается. Скорость скольжения в средней части катка равна нулю, а по краям будет максимальной; тогда средняя скорость скольжения

$$v_{\text{ср. ск}} = \pi \cdot b \cdot n / 2. \quad (30)$$

Откуда

$$N_2 = 1,57 \cdot k \cdot G \cdot f \cdot b \cdot n. \quad (31)$$

$$N_2 = 1,57 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 0,9 \cdot 0,35 \cdot 30 = 59,35 \text{ Вт.}$$

Мощность, расходуемая скребками, (Вт):

$$N_3 = P_1 \cdot i \cdot v_3 \cdot f_1 = P_1 \cdot i \cdot 2\pi \cdot R_{\text{ск}} \cdot n \cdot f_1, \quad (32)$$

где P_1 - сила нажатия скребков на чашу принимается равной 1000 Н;

i - число скребков;

v_3 - скорость относительного движения скребков, м/с;

f_1 - коэффициент трения скребков о чашу, $f_1 \approx 0,6$.

$$N_3 = 1 \cdot 2 \cdot 6,28 \cdot 9,53 \cdot 30 \cdot 0,6 = 2154,52 \text{ Вт.}$$

Требуемая мощность электродвигателя:

$N_{mp} = 5,8$ кВт. Принимаем электродвигатель 4А1608УЗ, у которого мощность $N_{об.} = 7,5$ кВт и частота вращения 30 мин^{-1} , ГОСТ 19523-85.

1.2. Задание для самостоятельного выполнения

Таблица 14

№ варианта	Диаметр чаши D, м	Число оборотов вертикального вала, с ⁻¹	Масса катка m, кг
1	1,8	0,5	2000
2	2,0	0,5	3000
3	3,0	0,5	3500
4	1,8	0,5	2000
5	2,0	0,5	3000
6	3,0	0,5	3500
7	1,8	0,5	2000
8	2,0	0,5	3000
9	3,0	0,5	3500
10	1,8	0,5	2000
11	2,0	0,5	3000
12	3,0	0,5	3500
13	1,8	0,5	2000
14	2,0	0,5	3000
15	3,0	0,5	3500
16	1,8	0,5	2000
17	2,0	0,5	3000
18	3,0	0,5	3500
19	1,8	0,5	2000
20	2,0	0,5	3000

Приложение 6

1.1. Пример расчета электродвигателя шаровых мельниц

Исходные данные:

- 1) начальный размер частицы $b_{n \max} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 6 \text{ мм}$;
- 2) материал для измельчения – известняк;
- 3) предел прочности при сжатии $G_{сж} = 200 \text{ МПа}$;
- 4) плотность известняка $\rho_m = 2600 \text{ кг/м}^3$;
- 5) материал подаётся на измельчение с производительностью $G = 0.1 \text{ т/ч}$;
- 6) конечный размер частиц должен быть меньше $b_k = 0.15 \text{ мм}$.

Решение.

1. Определяем насыпную плотность известняка по формуле:

$$\rho_n = \rho_m \cdot (1 - \varepsilon) = 2600 \cdot (1 - 0.3) = 1820 \text{ кг/м}^3 \quad (33),$$

где ε - поробразность материала, $\varepsilon = 0.3$

2. Предварительный выбор мельницы осуществляется по мощности шаровой загрузки, необходимой для измельчения

$$N = G \times \mathcal{E}_{уд} \quad (34),$$

где G - производительность, кг/с

$$G_{\text{секунд}} = G \cdot 1000/3600 = 0.1 \cdot 1000/3600 = 0.027 \text{ кг/с}.$$

$\mathcal{E}_{уд}$ - удельная энергия измельчения данного материала, Дж/кг.

Величина $\mathcal{E}_{уд}$ задаётся в виде зависимости $\mathcal{E}_{уд} = f(F_{уд})$, (36)

где $F_{уд}$ - удельная площадь поверхности, м²/м³.

$$F_{уд} = 41.4/b_{ном} \cdot \lg(b_{ном} \cdot 10^6/5.47), \quad (37)$$

где $b_{ном}$ - размер частиц после измельчения,

$$b_{ном} = b_k = 0.15 \text{ мм} = 0.15 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

$$F_{уд} = \frac{41.4}{0.15 \cdot 10^{-3}} \cdot \lg \frac{0.15 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6}{5.47} = 0.39 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{м}^3$$

При $F_{уд} = 0.39 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{м}^3$; $\mathcal{E}_{уд} = 33 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$.

$$N_{шз} = 0.027 \cdot 33 \cdot 10^3 = 0.891 \cdot 10^3 \text{ Вт} = 0.891 \text{ кВт}.$$

3. Определяем реальную мощность шаровой загрузки:

$$N_{шз}^{\text{реал}} = (1.3 \div 1.5) \cdot N_{шз} \quad (38).$$

$$N_{шз} = (1,3 \div 1,5) \cdot 0,891 = 1,16 \div 1,34 \text{ кВт}$$

По реальной мощности шаровой загрузки выбираем электродвигатель шаровой мельницы, исходя из справочных данных, принимаем асинхронный электродвигатель марки 4A100LB с $N_{эл.дв} = 2.2 \text{ кВт}$; $n=1000\text{об/мин.} \approx 16.7 \text{ об/с}$.

1.2. Задание для самостоятельного выполнения

Таблица 15

№ В-арианта	Начальный размер частицы, мм	Материал для измельчения	Предел прочн. при сжатии, МПа	Плотность известняка, кг/м ³	Подача материала на измельчение с производительностью, т/ч	Конечный размер частиц мм.
1	2	3	4	5	6	7
1	5	Гранит	260	2600	0,15	0,15
2	6	Базальт	325	2800	0,12	0,12
3	7	Известняк	164	1000	0,14	0,14
4	8	Туф	115	2630	0,11	0,13
5	9	Кварцит	305	2650	0,12	0,12
6	5	Сиенит	216	2580	0,14	0,15
7	6	Кератофир	374	2690	0,10	0,12
8	7	Доломит	162	2800	0,14	0,14
9	8	Андезит	96	2730	0,12	0,13
10	5	Серпентин	253	3600	0,11	0,12
11	6	Магнетит	300	3100	0,15	0,14
12	7	Диабаз	342	2860	0,12	0,12
13	8	Диорит	239	2740	0,14	0,11
14	5	Лабрадорит	252	2600	0,11	0,13
15	6	Габбро	280	3000	0,12	0,14
16	7	Гнейсы	180	2650	0,14	0,12
17	8	Диорит-порфир	324	2710	0,10	0,11
18	6	Известняк	103	1600	0,14	0,14
19	8	Кальцит	210	2780	0,12	0,15
20	7	Нефелин	260	2650	0,11	0,12

Учебное пособие

Стрельников Александр Николаевич

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Учебно-методическое пособие

Редактор А.Р. Норбу
Дизайн обложки К.К. Сарыглар

Сдано в набор: 15.11.2018. Подписано в печать: 21.12.2018
Формат бумаги 60×84 1/8. Бумага офсетная
Физ. печ. л. 6,8. Усл. печ. л. 6,3. Заказ № 1484. Тираж 50 экз.

667000, г. Кызыл, Ленина, 36
Тувинский государственный университет
Издательство ТувГУ