

Государственный комитет РФ по высшему образованию
Братский государственный технический университет

В.А. Поскребышев
Т.Н. Радина
И.М. Ефремов

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Учебное пособие

Рекомендовано Сибирским региональным учебно-методическим центром высшего профессионального образования для межвузовского использования в качестве учебного пособия.

Братск 2002

УДК 691.002.5

Поскрёбышев В.А., Радиная Т.Н., Ефремов И.М. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий: Учебное пособие. – Братск: БрГТУ, 2002. – 124 с.

В пособии дана подробная информация о механическом оборудовании, используемом в производстве строительных материалов и изделий. Приведены методики расчета его основных показателей, основные положения по технологическому расчету дробильно-сортировочного и помольного оборудования, аппаратов для сушки строительных материалов и очистки воздуха и газов от пыли.

В приложении представлены примеры составления технологических схем (в процессах и аппаратах).

Предназначено для студентов специальности 290600.

Библиогр. 9 назв. Ил. 51.Табл. 39.

Рецензенты: **А.М. Долотов**, д-р техн. наук, профессор,
Орловский гос. техн. ун-т
С.П. Ереско, профессор кафедры
«Строительные и дорожные машины»,
Красноярский гос. техн. ун-т

© Братский государственный технический университет, 2002
© В.А. Поскрёбышев, Т.Н. Радиная, И.М. Ефремов, 2002

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Методические рекомендации по выполнению отдельных разделов курсового проекта	6
2. Дробильное и сортировочное оборудование для производства нерудных строительных материалов	8
2.1. Общие сведения	8
2.2. Дробильное оборудование.....	9
2.2.1. Щековые дробилки	9
2.2.2. Роторные дробилки	17
2.2.3. Конусные дробилки	27
2.3. Методика технологического расчета дробильного оборудования	33
2.4. Грохоты и классификаторы	39
2.4.1. Грохоты	39
2.4.2. Классификаторы.....	42
2.5. Методика технологического расчёта грохотов	44
2.6. Контрольные вопросы	45
3. Оборудование для сушки и обжига строительных материалов	45
3.1. Сушильные барабаны	45
3.2. Агрегаты для совмещённого процесса помола и сушки сырьевых материалов.....	48
3.3. Методика технологического расчёта сушильных барабанов	50
3.4. Контрольные вопросы	53
4. Оборудование для помола материалов	53
4.1. Трубные мельницы	53
4.2. Мельницы для мокрого самоизмельчения сырьевых материалов	63
4.3. Вертикальные тарельчато-роликовые мельницы.....	66
4.4. Агрегаты для помола клинкера с добавками	69
4.5. Методика технологического расчёта помольного оборудования	71
4.6. Контрольные вопросы	73

5. Оборудование для транспортирования сырьевых материалов и цемента	73
5.1. Толкающий разгрузатель.....	73
5.2. Скребковый конвейер СМЦ 127Б.....	76
5.3. Элеваторы ковшовые вертикальные ленточные	78
5.4. Элеваторы ковшовые вертикальные цепные	82
5.5. Контрольные вопросы	87
6. Оборудование для воздушной сепарации продуктов помола	87
6.1. Общие сведения	87
6.2. Конструкции воздушных сепараторов	88
6.3. Устройство и принцип работы	89
7. Оборудование для очистки воздуха и газов от пыли	95
7.1. Общие сведения и конструкции циклонов.....	95
7.2. Методика технологического расчета циклонов	99
7.3. Воздушные фильтры.....	101
7.4. Электрофильтры	111
7.5. Оборудование для мокрой очистки	115
Список литературы	119
Приложение 1. Технологическая схема производства строительного гипса	120
Приложение 2. Технологические схемы производств.....	121
Приложение 3. Пример расчёта производительности предприятия	122

ВВЕДЕНИЕ

Учебным планом подготовки специалистов при изучении курса «Процессы и аппараты в технологии строительных изделий» предусмотрено выполнение курсового проекта.

Данный курс является связующим звеном между общетехническими и технологическими дисциплинами при подготовке бакалавров по направлению «Строительство» и инженеров-технологов по специальности 29.06.00 – «Производство строительных материалов, изделий и конструкций». Он создает предпосылки для преподавания общепрофессиональных и специальных дисциплин, таких как «Вязущие вещества», «Технология бетонов», «Технология стеновых, отделочных и изоляционных материалов» и др., раскрывая основы теории элементарных процессов и общие закономерности проведения отдельных стадий технологических процессов в производстве строительных материалов различного назначения.

Курсовое проектирование предполагает самостоятельную работу студента над проектом. При защите курсового проекта студент, будучи его автором, обосновывает принятые им технические решения и правильность расчетов.

Настоящее учебное пособие предназначено студентам специальности 29.06.00. для выполнения курсового проекта по дисциплине «Процессы и аппараты в технологии строительных изделий». Материалы, изложенные в учебном пособии, могут быть использованы также при выборе технологического оборудования в курсовом проектировании по дисциплинам «Вязущие вещества», «Механическое оборудование» и «Технология заполнителей».

При выполнении курсового проекта необходимо использовать действующие СНиПы, ГОСТы, нормы технического проектирования, лекции и соответствующую литературу.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА

Курсовой проект включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

1. Задание на проектирование.
2. Введение.
3. Технологическая часть.
4. Выбор способа производства и разработка технологической схемы.
5. Расчет производительности предприятия.
6. Заключение.
7. Список использованных источников.

Графическая часть объемом один лист формата А1 должна содержать подробную технологическую схему производства заданного строительного материала (в процессах) с указанием используемого оборудования и детализацией заданного технологического процесса.

Пояснительная записка и графическая часть курсового проекта выполняются в соответствии с требованиями ГОСТов.

В разделе «Введение» пояснительной записки приводятся общие сведения о заданном строительном материале. На основании изучения учебной и научно-технической литературы по тематике курсового проекта делается вывод об эффективности применения данного материала в современном строительстве и перспективах его использования.

Раздел «Технологическая часть» является основным. Здесь в полном объеме приводятся все технологические расчеты, а также выполняется подбор оборудования. При выполнении расчетов и подборе технологического оборудования обязательно проставляются ссылки на использованные литературные источники.

В разделе «Выбор способа производства и разработка технологической системы» обосновывается принятый в проекте вариант технологического процесса производства заданного строительного материала. Для этого необходимо кратко охарактеризовать существующие технологии, отразить их достоинства и недостатки и выбрать оптимальный вариант с учетом качества исходного сырья и заданных технологических параметров. Принятый вариант техно-

логического процесса должен быть представлен в виде технологической схемы, дающей ясное представление о последовательности технологических операций. В зависимости от вида заданного строительного материала и по согласованию с руководителем курсового проектирования технологическая схема может быть представлена в процессах или в аппаратах (см. прил. 1 и 2).

Технологическая схема сопровождается описанием назначения каждой технологической операции. В полном объеме раскрывается сущность тех операций, по которым выполнены технологические расчеты.

В разделе «Расчет производительности предприятия» приводятся расчеты производительности в год, сутки, смену и час по всем основным подразделениям предприятия в соответствии с разработанной технологической схемой. Для этого необходимо вначале определить режим их работы.

Режим работы цехов с печными установками (обжиг при температурах более 600°) принимают круглогодичный, трёхсменный. При этом другие цеха и отделения могут работать либо по такому же режиму, либо по режиму прерывной рабочей недели в 2-3 смены с учётом дополнительных складских помещений для материалов и полуфабрикатов. Отделения помола, дробления, сушки чаще всего работают в две смены длительностью по 8 часов при прерывной рабочей неделе (2 выходных дня). При этом режиме работы количество рабочих дней в году составляет 262 дня.

Производительность основных подразделений для данного технологического процесса рассчитывается с учётом технологических потерь (0,5-1%). Результаты вычислений заносят в таблицу (см. прил. 3).

В разделе “ Заключение” необходимо отметить взаимосвязь технологических параметров производства и качества выпускаемой продукции, кратко изложить основные положения по организации контроля качества исходного сырья и готового продукта, отметить основные мероприятия для обеспечения санитарно-гигиенических и безопасных условий труда на заданном производстве.

2. ДРОБИЛЬНОЕ И СОРТИРОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1. Общие сведения

Дробильное и сортировочное оборудование широко используется в промышленности нерудных строительных материалов при производстве щебня и гравия, в подготовительных процессах при производстве вяжущих веществ (гипса, извести и др.).

Поступающие из карьеров каменные материалы по крупности, зерновому составу, загрязненности и другим показателям не пригодны к непосредственному применению в строительстве. Поэтому их подвергают технологической обработке, которая включает следующие основные операции:

1. Предварительное сортирование для отделения мелочи перед первичным дроблением.
2. Дробление сырья для получения требуемых по крупности фракций щебня.
3. Сортирование продуктов дробления на заданные фракции.
4. Промывку от глинистых, илистых частиц и других загрязнений.
5. Транспортирование и складирование готовой продукции.

Состав операций и выбор типоразмеров оборудования зависят от характеристики сырья, требований к готовому продукту и заданной производительности предприятия.

Основное технологическое оборудование предприятий промышленности нерудных строительных материалов: дробилки, грохоты, промывочные и обезвоживающие машины, классификаторы, вспомогательное оборудование.

Технологическое оборудование выпускается в виде отдельных машин, передвижных дробильно-сортировочных установок (ПДСУ), сборно-разборных автоматизированных дробильно-сортировочных линий (САДЛ) и самоходных установок.

2.2. Дробильное оборудование

По крупности продукта дробления $d_{\max}$ различают следующие виды дробления:

	$d_{\max}$, мм
крупное.....	100...350
среднее.....	40...100
мелкое.....	5...40

Операции дробления осуществляются в специальных машинах-дробилках.

В зависимости от конструктивного исполнения дробилки классифицируют на следующие основные типы: щековые, конусные, роторные, молотковые и валковые. В промышленности нерудных строительных материалов широкое применение нашли первый, второй и третий типы, конструктивные схемы которых и основные параметры даны в табл. 2.1.

2.2.1. Щековые дробилки

Щековые дробилки применяют для крупного и среднего дробления прочных и абразивных горных пород типа гранитов, диабазов и песчаников.

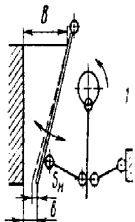
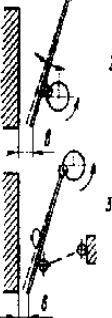
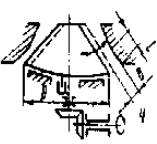
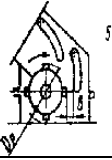
Дробление материала в щековых дробилках происходит между двумя прямоугольными плитами – щеками, одна из которых совершает колебательное движение. По характеру движения рабочего органа различают дробилки с простым и сложным движением подвижной щеки.

При простом движении точки подвижной щеки совершают возвратно-поступательное движение по дуге окружности; при сложном – по замкнутым эллиптическим траекториям. Для обоих видов движения получили распространение характерные кинематические схемы привода подвижной щеки (см. табл. 2.1). Простое движение достигается подвеской подвижной щеки на оси, а сложное – установкой ее на эксцентриковом валу.

Кинематика рабочего органа щековой дробилки определяет соотношение размеров ходов подвижной щеки в ее верхней и нижней частях, а также составляющие ходов в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Таблица 2.1

**Классификация основных типов дробилок, применяемых
в промышленности нерудных строительных материалов**

Тип дробилки	Схема	Назначение	Крупность исходного материала, мм	Производительность, м ³ /ч
Щековая с простым движением щеки		Крупное и среднее дробление прочного и абразивного материала	700...1300	180...600
			750	180
Щековая со сложным движением щеки		Крупное и среднее дробление материала прочного и средней прочности	210...510	7...75
Конусная мелкого и среднего дробления		Среднее и мелкое дробление прочного и абразивного материала	40...500	12...1100
Роторная, молотковая		Крупное, среднее и мелкое дробление малоабразивного материала	100...1100	10...1200

В щековых дробилках со сложным движением щеки ход верхней части подвижной щеки больше, чем нижней, а в дробилке с

простым движением – наоборот. Это обеспечивает дробилке со сложным движением щеки более эффективное дробление в верхней зоне и способствует повышению производительности.

Дробилки со сложным движением щеки из-за более простой схемы привода подвижной щеки имеют меньшие массу и габаритные размеры по сравнению с дробилками с простым движением. Благодаря этому они нашли широкое применение на передвижных дробильно-сортировочных установках. В составе передвижных установок щековые дробилки со сложным движением щеки используются также для дробления прочных и абразивных материалов.

Главным параметром щековых дробилок является размер приемного отверстия (длина×ширина). Приемное отверстие определяется как горизонтальное сечение камеры дробления в верхней, самой широкой ее части. Камера дробления книзу сужается. Угол, с которым происходит сужение камеры дробления, называется углом захвата α . Нижнее, самое узкое сечение камеры дробления является выходной щелью. Ее значение характеризуется одним показателем – шириной b . Второй размер щели – длина – равен длине приемного отверстия.

Техническая характеристика щековых дробилок приведена в табл. 2.2.

Щековые дробилки с простым движением щеки выпускают с двумя типами механизмов привода подвижной щеки: с распорными плитами и с непосредственным приводом от эксцентрикового вала. Конструкция щековой дробилки с простым движением щеки с распорными плитами показана на рис. 2.1. Основными конструктивными узлами щековой дробилки являются: станина 1, подвижная щека 2, шатун 3, распорные плиты 7, фрикционные муфты.

На станине 1 монтируют основные узлы дробилки. Кроме того, ее передняя стенка выполняет функцию неподвижной щеки и вместе с подвижной щекой и боковыми стенками образует камеру дробления. Станины щековых дробилок сборные, состоят из отдельных элементов: задней, передней и боковых стенок. Боковые стенки ребристые, задние и передние – коробчатой формы. В боковых стенках имеются отверстия для осмотра трущихся поверхностей распорных плит и гнезда для установки подшипников главного вала и подвижной щеки. В зоне камеры дробления боковые стенки защищены от абразивного изнашивания боковой футеровкой.

Таблица 2.2

Техническая характеристика щековых дробилок

Показатели	С простым движением щеки				Со сложным движением щеки			
	СМД 111А	СМД 184	СМД 184А	СМД 117А	СМД 116	СМД 108А	СМД 109А	СМД 110А
Размеры приемного отверстия, мм	900 × 1200		1200× 1500	1500 × 2100	250 × 400	250 × 900	400 × 900	600 × 900
Производительность, м ³ /ч	180		310	600	7,0	18,0	35	75
Наибольший размер кусков исходного материала, мм	750		1100	1300	210		340	510
Ширина выходной щели, номинальная, мм	130		155	180	40		60	100
Диапазон регулирования ширины выходной щели, мм	±35		+65 -35	±40	±20		+30 -20	+40 -25
Мощность основного электродвигателя, кВт	110	55×2	160	250	17	45	55	75
Габаритные размеры, мм:								
длина	5300	3960	6400	7511	1400	2500	2500	3000
ширина	6000	4570	6800	7000	1300	2400	2400	2500
высота	4000	3450	5000	6000	1500	1900	2200	2600
Масса, т	63,2	63,2	123	250	3,0	8,4	10,85	18,5

Подвижная щека 2 – основной рабочий орган щековой дробилки, – представляющий собой литую плиту коробчатой формы. В верхней части щеки закреплена ось, а в нижней – имеется паз для 12

установки распорной плиты 7 и прилив для крепления тяги замыкающего устройства 5.

На подвижной и неподвижной щеках устанавливают дробящие плиты 8 с рифленной рабочей поверхностью. Рифления повышают эффективность дробления и защищают щеки от абразивного изнашивания. Дробящие плиты – сменные детали дробилок.

Щековые дробилки, выпускаемые ПО «Волгоцеммаш» (табл. 2.3), применяют для первичного дробления известняка, а также для измельчения других материалов – гранитов, базальтов, кварцитов и т.п.

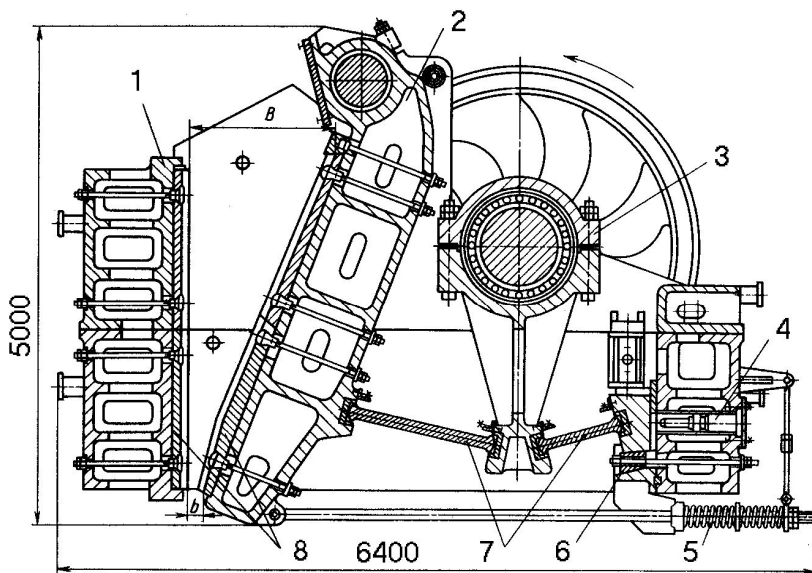


Рис. 2.1. Щековая дробилка с простым движением щеки типа СМД

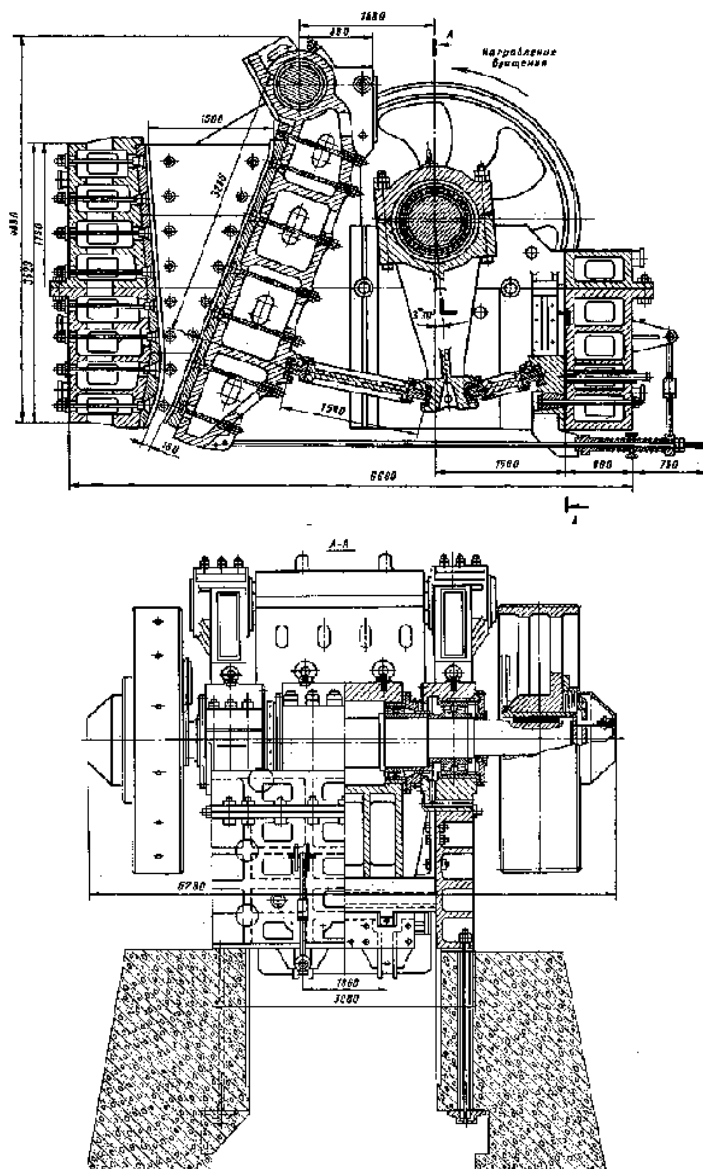
Таблица 2.3

Техническая характеристика щековых дробилок

Параметры	СМД -117А	СМД -118А	СМД -111А
Производительность, м ³ /ч	600	310	180
Размер приемного отверстия, мм	1200×1500	1200×1500	900×1200
Размер загружаемого материала, мм	До 1300	До 1000	До 700
Ширина выходной щели, мм	135...225	110...190	95...165
Частота вращения эксцентрикового ва- ла, об/м	2,08	2,5	3,34
Мощность электро- двигателя привода, кВт	250	160	90
Габаритные размеры, мм:			
длина	7500	6100	5000
ширина	6300	5200	4450
высота	5500	4200	3300
Масса, т	230	130	70

Конструкция приведена на примере дробилки СМД-117А с приемным отверстием размером 1500×2100мм.

Основными узлами дробилки (рис. 2.2) являются станина 5, неподвижная щека 1, подвижная щека 3 с осью, главный приводной вал с шатуном и маховиками 4, распорные плиты 6 и 7, привод.



**Рис. 2.2. Щековая дробилка СМД-117А производства
ПО "Волгоцеммаш"**

Станина 5 литой конструкции состоит из двух частей – верхней и нижней, представляющих массивные стальные отливки, скрепленные между собой по периметру болтами. В выемках боковых стенок станины установлены коренные подшипники главного приводного вала. На эксцентрической части главного вала подвешен литой шатун. В качестве коренных и шатунных подшипников применены роликовые сферические подшипники специального типа, выдерживающие большие динамические нагрузки. В нижней части шатуна имеются пазы, в которых установлены сухари, являющиеся опорными поверхностями для передней и задней распорных плит.

Подвижная щека 3 представляет собой стальную отливку коробчатого сечения, верхней частью она подвешена на оси, концы которой установлены в подшипниках скольжения, расположенных вверху стенок станины. Нижняя часть подвижной щеки опирается на переднюю распорную плиту 6. Задняя распорная плита 7 опирается на сухарь регулировочного устройства. Устройство снабжено гидравлическим домкратом для механизации процесса изменения ширины выходной щели. Дробилка снабжена массивными маховиками 4, которые «аккумулируют» энергию при ходе сжатия. Один из маховиков является одновременно шкивом и соединяется клиноремненной передачей с электродвигателем.

К подвижной 3 и неподвижной 1 щекам прикреплены составные дробящие плиты, которые являются основными рабочими органами дробилки и изготавливаются из износостойкой высокомарганцевистой стали. Рабочие поверхности дробящих плит и боковые стенки станины образуют камеру дробления 2 и футеруются износостойкими сменными футеровочными плитами. Разгон дробилки осуществляется при помощи специального вспомогательного привода, обеспечивающего плавный пуск дробилки в работу и при закруженной материалом камере дробления, т.е. «под завалом».

Конструкция дробилки обеспечивает удобство монтажа, обслуживания и ремонта.

Для безопасности работы все вращающиеся части дробилки защищаются ограждениями, электродвигатели заземляются.

2.2.2. Роторные дробилки

Роторные дробилки предназначены для дробления малоабразивных горных пород средней прочности типа известняка, доломита, мергеля, гипса и других подобных материалов.

По технологическому признаку различают роторные дробилки крупного, среднего и мелкого дробления. По конструктивному признаку получил распространение в основном один тип дробилок – однороторные нереверсивные с отражательными плитами.

Дробилки крупного дробления предназначены, главным образом, для первой стадии дробления, дробилки среднего и мелкого дробления – для последующих стадий дробления.

Роторные дробилки, по сравнению с щековыми и конусными, более производительны, имеют меньшую массу и габариты, проще в изготовлении и обслуживании, менее чувствительны к попаданию недробимых предметов, обладают избирательностью дробления и обеспечивают выход щебня лучшей формы (больше кубообразных частиц). Основным недостатком роторных дробилок, препятствующим их широкому распространению, является невысокий ресурс бил, которые необходимо часто заменять при дроблении простых и абразивных материалов.

Главными параметрами роторных дробилок являются размеры ротора – диаметр и длина.

В табл. 2.4 приведена техническая характеристика роторных дробилок.

Конструкция однороторной дробилки крупного дробления СМД-86А приведена на рис. 2.3. Камера дробления роторной дробилки образуется ротором 6, отражательными плитами 1 и 4 и боковыми стенками корпуса. В дробилке СМД-86А две камеры дробления, так как она имеет две отражательные плиты.

Ротор 6 состоит из корпуса ротора - массивной цилиндрической отливки с продольными пазами для установки бил 5, торцовых дисков и вала. Торцовые диски крепят к корпусу ротора болтами или приваривают. Поскольку работа ротора происходит при больших окружных скоростях вращения (20... 50 м/с), к их уравниванию предъявляют высокие требования. При изготовлении роторы проходят статическую балансировку на стальных горизонтально расположенных ножах, а диаметрально противоположные била подбирают одинаковыми по массе.

Таблица 2.4

Техническая характеристика однороторных дробилок

Показатели	Среднего и мелкого дробления		Крупного дробления			
	СМД-75А	СМД-94	СМД-85А	СМД-86А	СМД-85	СМД-87
Размеры ротора, мм:						
диаметр	1000	1250	800	1250	1600	2000
длина	1000	1250	630	1000	1250	1600
Производительность, м ³ /ч	135	200	60	135	200	370
Размеры приемного отверстия, мм:						
продольный	1000	1250	630	1000	1250	1600
поперечный	500	600	550	875	1100	1400
Размер наибольшего куска исходного материала, мм	300	375	400	600	800	1100
Мощность, кВт	125	200	40	100	160	250
Габаритные размеры, мм:						
длина	2700	3400	2500	3200	4200	5600
ширина	2800	3200	1700	2350	2900	3600
высота	2100	2800	2150	2800	3500	4400
Масса, т	10,0	18	6,0	15	30	68

У дробилки СМД- 86А имеется три ряда бил. Число рядов бил зависит от типоразмера дробилки и обычно составляет 2...6. Била дробилки СМД-86А выдвижные. При изнашивании рабочей части била на 45 мм по диаметру ротора оно может быть выдвинуто и закреплено на второй, нижний цилиндрический паз. Таким образом, срок службы била повышается. Била изготавливают из износостойкой высокомарганцевистой стали 110Г13Л.

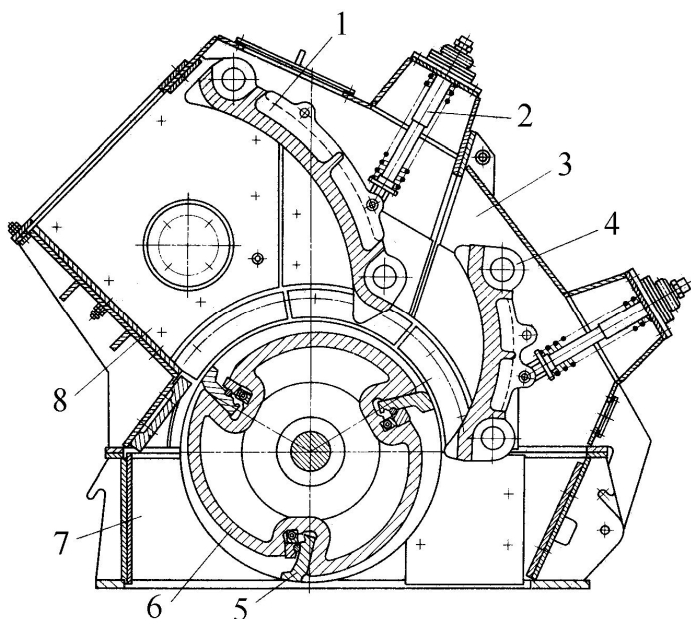


Рис. 2.3. Однороторная дробилка крупного дробления СМД-86А

Для повышения срока службы торцовых дисков их внутреннюю поверхность защищают наплавкой твёрдым сплавом. Предбильную часть корпуса ротора также наплавляют твёрдым сплавом.

Подшипники вала ротора насажены на конические разрезные втулки, что облегчает их монтаж. Корпуса подшипников установлены снаружи корпуса дробилки, место прохода вала через корпус дробилки защищено специальным уплотнением. Ротор приводится во вращение асинхронным электродвигателем с фазным ротором через клиноременную передачу.

Корпус дробилки состоит из станины 7, верхней неподвижной 8 и откидной 3 частей. В верхней неподвижной части закреплены приёмный лоток и первая отражательная плита. Откидная часть соединена с неподвижной частью корпуса и станиной легкоразъёмными струбцинами или откидными болтами, а для быстрого оперативного раскрытия опирается на винтовые домкраты, приводимые в действие вручную или с помощью электропривода. Внутренние боковые поверхности корпуса и станины дробилки защищены футеровками.

В корпусе предусмотрены дверцы и люки для профилактического осмотра дробилки. Места их соединения с корпусом уплотнены резиновыми прокладками.

Конструкция отражательных плит 1 и 4 симметрична. Это позволяет осуществить их перестановку и тем самым увеличить сроки их службы, так как изнашиваются они неравномерно, в большей степени – нижняя часть, находящаяся в непосредственной близости с ротором.

Отражательные плиты снабжены пружинными возвратно-регулирующими устройствами 2 с резиновыми амортизаторами. Устройство позволяет плите отойти от ротора в случае возникновения ударных перегрузок при попадании в камеру дробления недробимых предметов, а затем возвращает плиту в начальное положение. Размер выходной щели регулируют с помощью деталей устройства, установленных снаружи корпуса. Возвратно-регулирующее устройство первой отражательной плиты позволяет поднять её до совмещения со второй, тогда дробилка из двухкамерной превращается в однокамерную. В таком исполнении она имеет наибольшую производительность.

Методика расчета основных эксплуатационных показателей

На формирование зернового состава и продукта дробления, производительность и расход мощности роторных дробилок влияют многие конструктивные и технологические показатели процесса дробления.

Для ориентировочных расчетов используют следующие зависимости. Размер максимального куска продукта дробления, мм,

$$d_{max} = 0.5 \left(\frac{21.3 \sigma_p}{\rho u_p^{1.5}} + b \right),$$

где σ_p – предел прочности горной породы при растяжении, Мпа; ρ – плотность дробимого материала, т/м³; u_p – окружная скорость бил ротора, м/с; b – размер наименьшей выходной щели, мм.

Производительность, м³/ч,

$$Q = 480 \frac{L_p D_p^{1.5}}{u_p^{0.35} Z^{0.5}} k_\beta,$$

где L_p – длина ротора, м; D_p – диаметр ротора, м; U_p – окружная скорость ротора, м/с; Z – число рядов бил; k_β – коэффициент, зави-

сящий от положения отражательной плиты, равный для дробилок крупного дробления 1,7...2,0, среднего и мелкого – 1,1.

Установочная мощность электродвигателя с учетом потерь в приводе и вентиляции ротора кВт,

$$N = \frac{0.02\sigma_P Q(i-1)}{D_{CB}\eta_{др}\eta_{п}},$$

где i – степень дробления; $D_{сн}$ – средневзвешенный размер исходного материала, м; $\eta_{др}$ – КПД дробилки ($\eta_{др}=0,95\dots0,85$); $\eta_{п}$ – КПД привода ($\eta_{п}=0,92\dots0,95$).

Однороторная молотковая самоочищающаяся дробилка СМД-102 (см. табл. 2.5) предназначена для дробления липких и влажных материалов малой и средней прочности: угля, гипса, бокситов, мергеля, известняка, некоторых видов руд и др.

Конструкция молотковой самоочищающейся дробилки СМД-102 приведена на рис. 2.4.

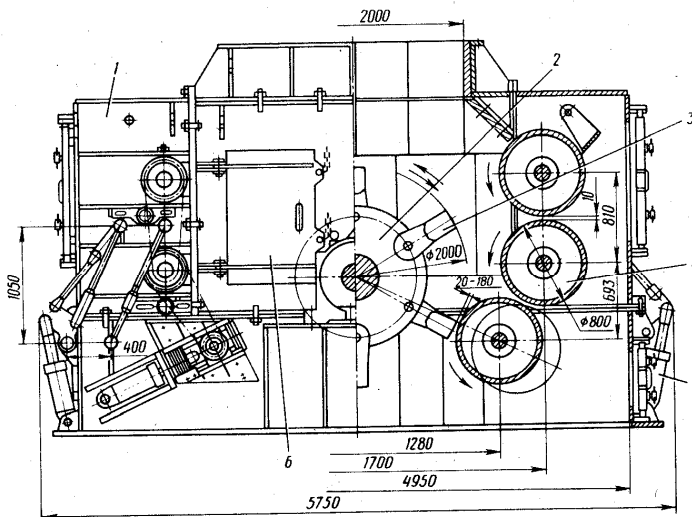
Дробилка имеет сварной корпус 1, внутри которого размещается ротор 2 с шарнирно подвешенными молотками 3. По обе стороны ротора расположены очистные устройства, состоящие из двух групп симметрично установленных валков 4 (по три валка в каждой группе). Валки связаны между собой цепными передачами, обеспечивающими различные частоты их вращения. Размер выходной щели регулируется путем перемещения нижнего вала с помощью двух гидроцилиндров 5. Валки вращаются в одну сторону по направлению движения материала в камере дробления, что обеспечивает их самоочистку. В средней части корпуса расположены люки 6 для удобства осмотра ротора и камеры дробления. Крайние части корпуса дробилки с двумя валками выполнены откидывающимися для доступа в камеру дробления при осмотре и ремонте. Для обеспечения безопасной работы все вращающиеся части дробилки защищены ограждениями, электродвигатель заземлен.

Двухвалковая зубчатая дробилка СМД-175А (см. табл. 2.5) предназначена для первичного и вторичного дробления известняка, мела, мергеля, кокса, угля, соли и других материалов с коэффициентом крепости до 6 по шкале Протодяконова.

Дробилка состоит из рамы, кожуха, двух валков, гребенок, двух приводов, электрооборудования.

Техническая характеристика однороторных дробилок

Параметры	СМД-97А	СМД-98Б	СМД-102	СМД-175А
Максимальная производительность, т/ч	700	1000	600	225
Размеры ротора (валков), мм	2000x2000	2000x3000	2000x2000	1500x1200
Максимальный размер, мм: загружаемого материала получаемого продукта	600 0...15	600 0...15	600 0...100	900 0...100
Частота вращения ротора, об/с	10	10	10	-
Мощность электродвигателей, кВт	800	1200	800	110
Габаритные размеры, мм:				
длина	4000	4000	5750	5000
ширина	4200	5500	6200	6300
высота	3100	3100	3500	2100
Масса, т	46	54	62	31

**Рис. 2.4. Молотковая самоочищающаяся дробилка СМД-102**

Несущая сварная металлическая рама служит опорой для валков и кожуха. Каждый валок состоит из вала с двумя дисковыми ступицами, в которых крепятся сменные сегменты, образующие рабочую цилиндрическую поверхность вала. Дробящие зубья вала имеют различное исполнение. Валы валков опираются на подшипники скольжения. Корпуса подшипников одного из валков перемещаются в горизонтальных направляющих рамы дробилки. При этом обеспечивается возможность отхода вала в случае попадания в зазор между двумя валками недробимого предмета. Поджатие подвижного вала и его возврат в исходное положение осуществляются с помощью пружин, действующих на корпуса подшипников с обеих сторон рамы дробилки. Другой валок закреплен на раме неподвижно.

Каждый валок дробилки имеет индивидуальный привод, состоящий из электродвигателя, эластичной муфты, редуктора и универсального шпинделя.

В нижней части рамы крепятся металлические гребенки для очистки рабочей поверхности валков от налипшего дробимого материала.

Смазка подшипников скольжения валков, направляющих опор подшипника подвижного вала, винтов амортизирующего устройства и шпинделей – густая; смазочная система – централизованная.

Принцип работы дробилки заключается в следующем. Материал, загружаемый в дробилку через окно, расположенное в верхней части кожуха, поступает в зазор между валками, вращающимися навстречу друг другу. Куски материала захватываются зубьями валков и под действием сил трения, возникающих от давления валков на куски, продавливаются через щель между валками. При этом они измельчаются и выдаются через открытый снизу кожух на транспортирующее устройство.

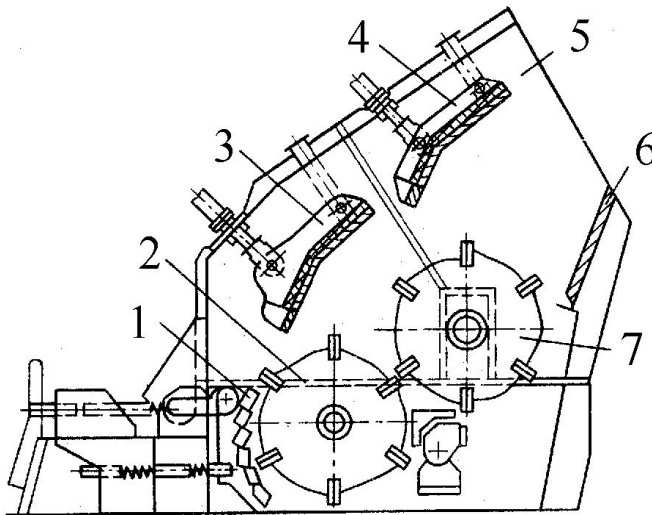
Двухроторная дробилка СМЦ-85 (табл. 2.6) с высокой степенью измельчения предназначена для дробления известняка крупностью до 1000...1100 мм с глинистыми включениями до 20% и средней влажностью до 14%.

Таблица 2.6

Техническая характеристика двухроторных дробилок

Параметры	СМЦ-85	СМД-209
Производительность, т/ч	500	100
Крупность продукта, мм:		
исходного	До 1100	До 300
готового	0...40	0...40
Влажность материала, %:		
начальная	До 14	До 20
конечная	-	До 6
Размеры ротора, мм	1600x2250	1600x1650
Окружная скорость бил ротора, м/с	35;45	42
Мощность электродвигателей привода дробилки, кВт	1260	150
Масса дробилки, т	150	55

Конструкция двухроторной дробилки СМЦ-85 приведена на рис. 2.5.

**Рис. 2.5. Двухроторная дробилка СМЦ-85**

Дробилка имеет разъемный корпус 5, в котором размещены два горизонтальных ротора 2 и 7 с билами, отражательные плиты 1,3 и 4 и загрузочная часть. Каждый ротор оснащен индивидуальным приводом от электродвигателя через клиноременную передачу. Валы роторов установлены на подшипниках качения. Температура подшипников контролируется с помощью термодатчиков, встроенных в их корпуса. Отражательные плиты, загрузочный лоток 6, стенки корпуса в зоне дробления футеруются плитами из износостойкого материала. Для предотвращения налипания дробимого материала на отражательные бронеплиты предусмотрен их подогрев с помощью горячего масла, подаваемого от специальной установки в полости, имеющиеся внутри бронеплит.

На входной части дробилки установлен бункер, на нем закреплена рельсовая балка с электроталью, предназначенной для механизации ремонтных работ. В бункере размещена цепная завеса, препятствующая выбрасыванию материала из дробилки.

Для упрощения ремонтных работ верхняя часть корпуса дробилки выполнена откидной, для чего предусмотрены два гидроцилиндра.

Двухроторная дробилка-сушилка СМД-209 предназначена для дробления влажной глины с одновременной ее подсушкой (рис. 2.6). Техническая характеристика дробилки приведена в табл. 2.5.

Несущим узлом дробилки-сушилки является корпус 2, выполненный сварным, сборным из отдельных элементов. Изнутри корпус в зоне дробления отфутерован износостойкими плитами. В верхней части корпуса предусмотрена приемная воронка 1, в нижней – загрузочные патрубки 5. Для подвода газообразного теплоносителя и отвода отработавших газов в корпусе имеются боковые патрубки 6 и 7.

В корпусе установлены два ротора 4 с жестко закрепленными билами, вращающиеся в противоположные стороны. Валы роторов опираются на самоустанавливающиеся сферические подшипники качения. Над каждым ротором в корпусе дробилки смонтированы ударно-отражательные механизмы 3, на каждом из них в четыре ряда закреплены отражательные плиты из износостойкого материала.

Для предотвращения перегрева валов предусмотрено их водяное охлаждение.

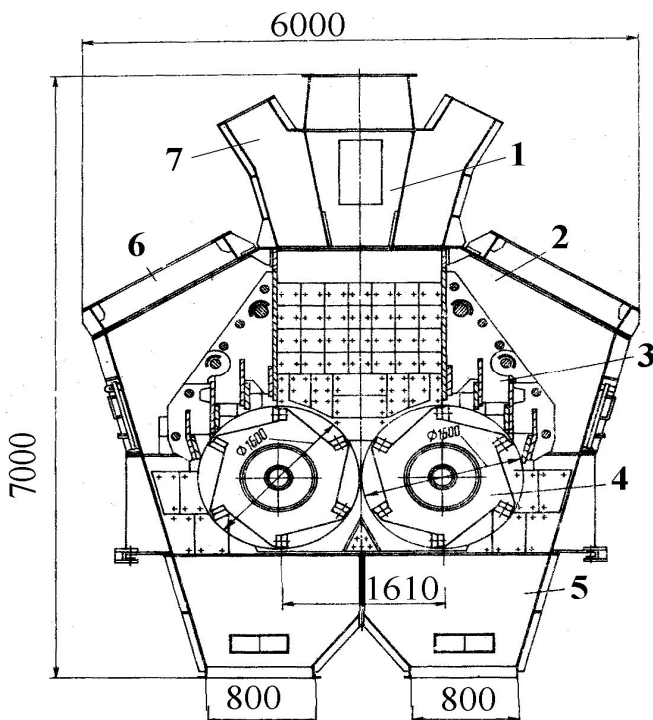


Рис. 2.6. Двухроторная дробилка-сушилка СМД-209

Роторы приводятся в движение от индивидуальных электродвигателей через клиноременную передачу. Исходный продукт – влажная глина – подается в дробилку-сушилку через загрузочную воронку; по боковым патрубкам воронки из топки поступает горячий газ. Под действием быстро вращающихся роторов глина измельчается, поддерживается в динамически взвешенном состоянии и одновременно интенсивно подсушивается. Дополнительное измельчение глины происходит при ударе ее кусков об отражательные плиты. Готовый продукт разгружается через нижние патрубки. Отработавшие газы вместе с пылевидными фракциями глины выходят через нижние боковые патрубки.

В дробильно-сушильном агрегате, составной частью которого является дробилка СМД-209, предусмотрены: шлюзовые затворы, устанавливаемые на загрузочных патрубках дробилки и служащие для устранения подсосов наружного холодного воздуха; топка для

подготовки горячих газов; пылеулавливающая установка; аспирационный дымосос; вспомогательное оборудование.

Дробилки СМЦ-85 и СМД-209 разработаны ВНИИЦеммашем и изготавливаются ПО «Волгоцеммаш».

2.2.3. Конусные дробилки

Конусные дробилки применяют для дробления прочных и высокопрочных горных пород на различных стадиях дробления.

Дробление материалов в конусных дробилках осуществляется между двумя усеченными конусами, расположенными один в другом, непрерывно при круговом движении внутреннего дробящего конуса. В камере дробления одновременно образуются зоны сближения (дробление) и отхода конусов (разгрузка). Обе зоны диаметрально противоположны и перемещаются по окружности в соответствии с вращением эксцентрикового вала дробилки.

Верхнее кольцообразное сечение камеры дробления – приемное отверстие, нижнее – выходная щель. Наименьшее расстояние между окружностями кольца выходной щели является шириной выходной щели, т.е. щель измеряется в зоне сближения конусов.

Главным параметром конусных дробилок для среднего и мелкого дробления является размер основания дробящего конуса.

Конусные дробилки классифицируют по крупности дробления: крупного (ККД), среднего (КСД), мелкого (КМД). В нерудной промышленности применяют конусные дробилки среднего (КСД) и мелкого (КМД) дробления. Дробилки КСД и КМД подразделяются на дробилки грубого (Гр) и тонкого (Т) дробления и отличаются формой и размерами камеры дробления.

Техническая характеристика конусных дробилок приведена в табл. 2.7, 2.8.

Таблица 2.7

Техническая характеристика конусных дробилок КСД исполнения Гр и Т

Показатели	КСД-600	КСД-900	КСД-1200	КСД-1750	КСД-2200	КСД-3000
Диаметр основного дробящего конуса, мм	600	900	1200	1750	2200	3000
Ширина приемного отверстия на открытой стороне, мм	75	130	185 (125)	250 (200)	350 (275)	600 (475)
Диапазон регулирования ширины выходной щели, мм	12...35	15...40	20...25 (10...25)	25...60 (15...30)	30...60 (15...30)	50...80 (25...50)
Размер наибольшего куска исходного материала, мм	60	105	150 (100)	200 (160)	300 (250)	500 (380)
Производительность на материале средней прочности, м ³ /ч	12...40	30...70	77...115 (42...95)	170...320 (110...190)	360...610 (180...360)	700...1100 (425...850)
Мощность двигателя, кВт	30	55	75	160	250	500
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	1800 1600 1600	2500 2000 2400	3500 2500 3100	4400 3400 4400	5500 4300 5100	7000 5500 6500
Масса, т	5,0	12,5	22	55	100	250

Рассмотрим конструкцию конусной дробилки типа КСД-600, представленную на рисунке 2.7.

Основными сборочными единицами конусной дробилки являются: подвижный 11 и неподвижный 4 конусы, сферический подпятник 14, эксцентриковый 19 и вертикальный 7 валы, вал 17 привода, станина 9, неподвижное кольцо 8, регулировочный механизм, загрузочная воронка 2.

Монтаж всех сборочных единиц производят на станине 9 дробилки, в которой для этой цели предусмотрены соответствующие места их установки и крепления. Станина дробилки КСД-600 выполнена литой, имеет два цилиндрических прилива: горизонтальный, в котором помещается вал 17 привода дробилки, и вертикальный, в котором помещается эксцентриковый вал 19.

Дробящий конус 11 – основной рабочий орган конусной дробилки – включает в себя конус, насаженный на вертикальный консольный вал 7, футеровки 12 и распределительную тарелку 1. Нижняя часть конуса имеет опорную шаровую поверхность, служащую для передачи усилий дробления и массы конуса сферическому подпятнику 14. Снаружи корпус защищен от абразивного изнашивания сменной футеровкой 12, которая плотно прилегает к нему внутренним обработанным пояском. В остальной части пространство между корпусом конуса и футеровкой заполняется цинком или раствором глиноземистого цемента, который при затвердении расширяется, образуя надежный контакт между обеими деталями.

На верхней части вала закреплена распределительная тарелка 1. При работе дробилки распределительная тарелка покачивается вместе с конусом и равномерно распределяет исходный материал по окружности приемного отверстия. Нижний консольный конец вала свободно вставляется в коническую расточку эксцентрикового вала 19. Ось конической расточки наклонена к оси дробилки под углом $2...2,5^\circ$ и пересекается с осью дробилки над зоной приемного отверстия.

Эксцентриковый вал 19 устанавливается в центральную вертикальную расточку станины и опирается на подпятник 20, состоящий из трех дисков, образующих подшипниковые пары скольжения. На верхней части эксцентрикового вала закреплена большая коническая шестерня 15, входящая в зацепление с малой конической шестерней 18, укрепленной на горизонтальном валу 17. По-

следний приводится во вращение клиноременной передачей *1/6* от электродвигателя.

Таблица 2.8

**Техническая характеристика конусных дробилок КМД
исполнения Гр и Т**

Показатели	КМД-1200	КМД-1750	КМД-2200	КМД-3000
Диаметр основного дробящего конуса, мм	1200	1750	2200	3000
Ширина приемного отверстия на открытой стороне, мм	100 (50)	130 (80)	140 (100)	220 (120)
Диапазон регулирования ширины выходной щели, мм	5...15 (3...12)	9...20 (5...15)	10...20 (5...15)	15...25 (6...20)
Размер наибольшего куска исходного материала, мм	80 (40)	100 (70)	100 (85)	180 (100)
Производительность на материале средней прочности, м ³ /ч	45 (27)	95...130 (85...110)	220..260 (170...220)	360...520 (320...440)
Мощность двигателя, кВт	75	160	250	500
Габаритные размеры, мм:				
длина	3500	4400	5500	7000
ширина	2500	3400	4300	5500
высота	3100	4400	5700	7100
Масса, т	22	55	100	250

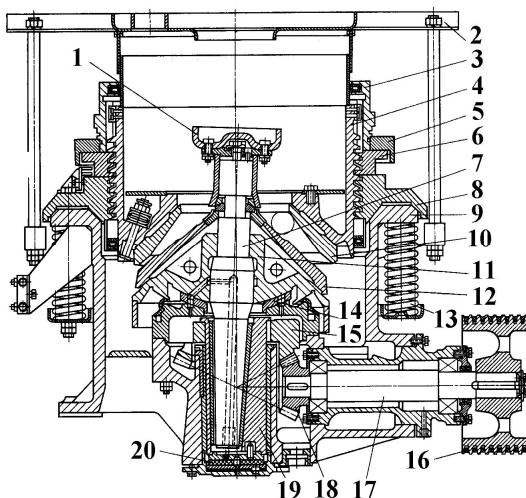


Рис. 2.7. Конусная дробилка среднего дробления КСД-600

На верхнюю часть станины 9 устанавливают опорное кольцо 8, прижимаемое к станине винтовыми пружинами 13, расположенными равномерно по окружности. На внутренней части кольца нарезана резьба, в которую ввинчивается неподвижный конус 4. Пружины являются предохранительным элементом дробилки и в случае перегрузки позволяют отжать неподвижный конус от подвижного. Одновременно при перегрузке происходит отключение электродвигателя привода дробилки. Усилие затяжки пружин должно превышать усилие дробления и обеспечивать плотное прилегание кольца к станине при нормальной работе. Внутренняя коническая поверхность неподвижного конуса от абразивного изнашивания защищена сменной футеровкой 10. Футеровки конусов выполнены из износостойкой марганцовистой стали.

Изменение выходной щели дробилки достигается проворачиванием корпуса неподвижного конуса по резьбе с помощью специального регулировочного механизма, выполняемого в виде механического или гидравлического домкрата. На рисунке 2.8 показан регулировочный механизм конусной дробилки КСД-600, состоящий из двух гидроцилиндров 22 и 24, собачек поворота 21 и стопорных 23, контргайки 6, соединенной с установочным кольцом 5, и стакана 3 с зубчатым венцом на наружной поверхности. Гидроцилиндры прикреплены одним концом к опорному кольцу 8, а вто-

рым – к контргайке 6 (установочному кольцу 5). При этом крепление одного из гидроцилиндров выполняется через собачку поворота 21 к контргайке 6 и через стопорные собачки 23 – к опорному кольцу. Этим гидроцилиндром производится одновременно управление положением собачек. Гидроцилиндры последовательно выполняют операции: расконтривание контргайки, циклы поворота конуса, холостого хода и после установления необходимого размера выходной щели – законтривание контргайкой неподвижного конуса. Каждый ход цилиндров обеспечивает поворот неподвижного конуса и изменение размера выходной щели на 0,75 мм.

В конусных дробилках для смазывания трущихся частей применяется жидкая циркуляционная смазка. Масло шестеренным насосом под давлением подается в подпятник эксцентрикового вала. Смазав все диски подшипника, масло поднимается вверх по зазорам вдоль поверхностей валов, а также по каналу, просверленному в вертикальном валу и теле дробящего конуса, к сферическому подпятнику. Затем омывает конические шестерни и поступает в сливную трубу и далее в бак-отстойник. Смазочная система оборудована электроподогревателями масла в зимнее время и контрольными приборами, регистрирующими давление, температуру и расход масла.

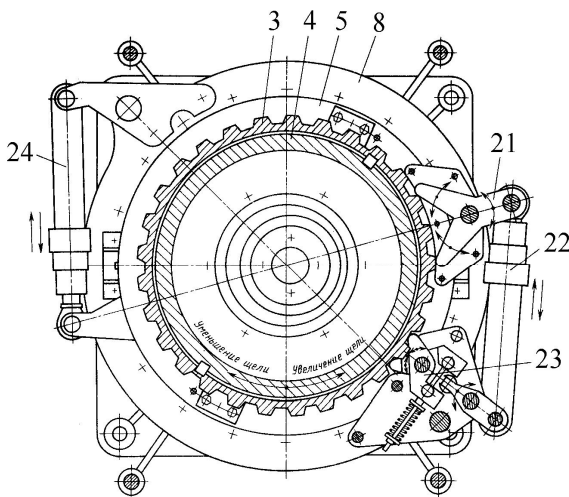


Рис. 2.8. Регулировочная схема дробления КСД-600

Расчет основных эксплуатационных показателей

Зерновой состав продукта дробления конусных дробилок среднего и мелкого дробления зависит в основном от размера выходной щели и прочности горной породы. Для ориентировочных расчетов используют кривые зернового состава, приведенные для относительных размеров выходных щелей. Максимальный размер продукта дробления $d_{\max}$ для пород мягких, средних и прочных в долях выходной составляет соответственно: 2,2...2,8; 2,6...3,6 и 3,0...5,0.

Расчетную производительность конусных дробилок ($\text{м}^3/\text{с}$) определяют по объему порции материала, выпадаемой за один цикл дробления:

$$Q = \mu \pi n b l D,$$

где μ – коэффициент разрыхления ($\mu=0,45$); n – частота вращения конуса, с^{-1} ; b – ширина параллельной зоны (выходной щели), м (рис. 2.9); l – длина параллельной зоны, м; D – диаметр основания дробящего конуса, м.

Установленную мощность (кВт) дробилок КСД и КМД определяют по эмпирической формуле В.А. Олевского:

$$N = 12,6 D^2 n$$

2.3. Методика технологического расчета дробильного оборудования

1. По заданным характеристикам определяют степень дробления материала:

$$i = \frac{D}{d},$$

где i – степень дробления материала; D – максимальный размер кусков материала до дробления, мм; d – требуемый размер кусков материала после дробления, мм.

Рекомендуемые степени дробления для различных типов дробилок приведены в таблице 2.9

Таблица 2.9

Степени измельчения дробилок

Тип дробилки	Степень измельчения i
Щековые и конусные крупного дробления	3...5
Конусные среднего и мелкого дробления:	
в открытом цикле	3...5
в закрытом цикле	4...7
Роторные и молотковые дробилки	3...12
Валковые	3...4
Ударно-отражательные	15...25

Число стадий дробления устанавливают по формуле

$$i_{об} = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n,$$

где $i_{об}$ – общая степень дробления материала; $i_{1,2,\dots,n}$ – степень дробления материала в первой, второй и последующих дробилках.

2. Расчетную производительность дробильного узла определяют по формуле

$$Q_1 = \frac{Q_{зад} \cdot K_n}{K_u},$$

где Q_1 – расчетная производительность дробильного узла; $Q_{зад}$ – заданная производительность узла; K_n – коэффициент неравномерности подачи материала, принимается в пределах от 1,1 до 1,5; K_u – коэффициент использования дробилки во времени, равный 0,95.

По величине Q_1 из паспортных данных выбирают марку дробилки. При этом учитывают, что номинальная производительность дробилки должна быть несколько выше расчетной (Q_1), а размер разгрузочного отверстия – в 1,5-2 раза больше максимального размера кусков загружаемого материала (D).

3. Определение v_1 производят по графикам (рис. 2.9) в зависимости от заданной производительности и выбранного типа дробилки определяют размер выходной щели дробилки (v_1).

Зерновой состав дробленого материала рассчитывают после первой стадии дробления. Для этого сначала вычисляют отношение d_1/v_1 , затем по графикам (рис. 2.10) определяют полные остатки на ситах (A_1). Частные остатки для каждой фракции вычисляют по формуле, %,

$$A_2 = 100 - A_1,$$

где A_1 – полный остаток на данном сите

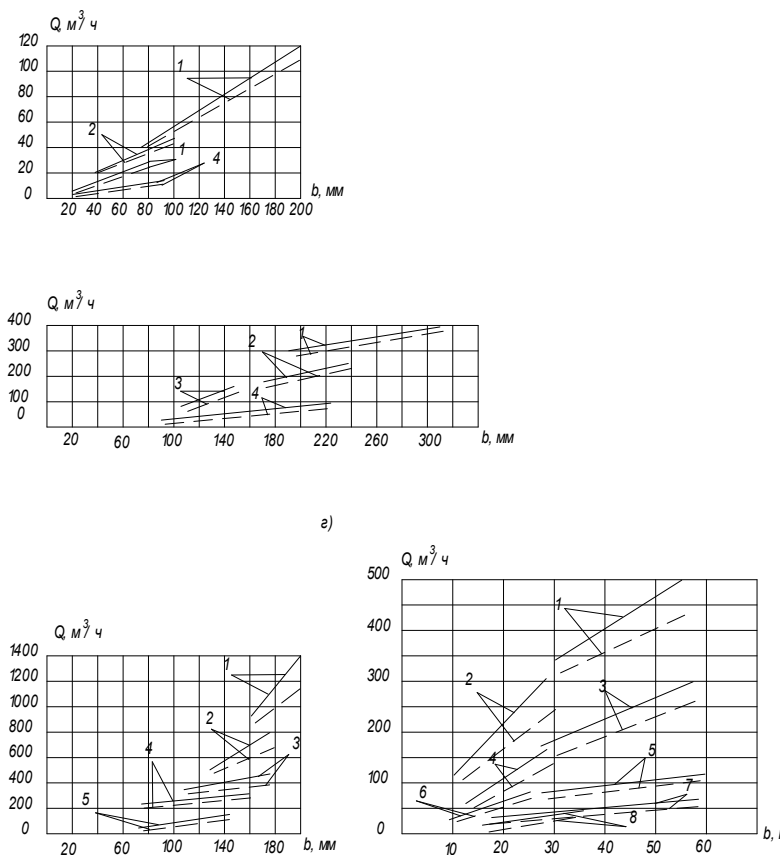
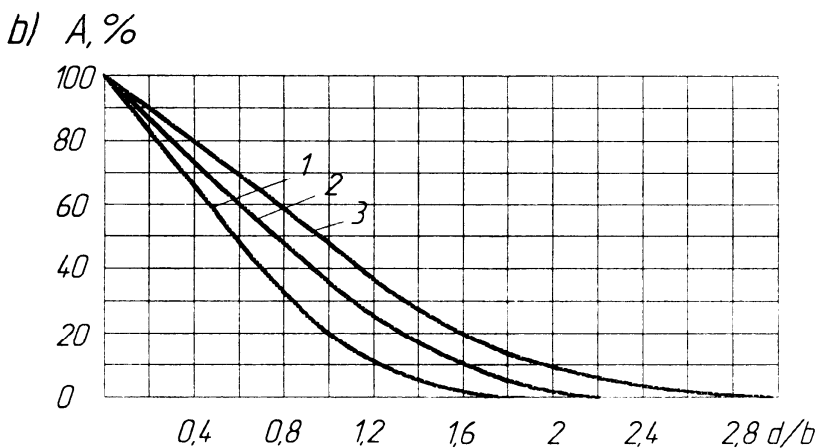
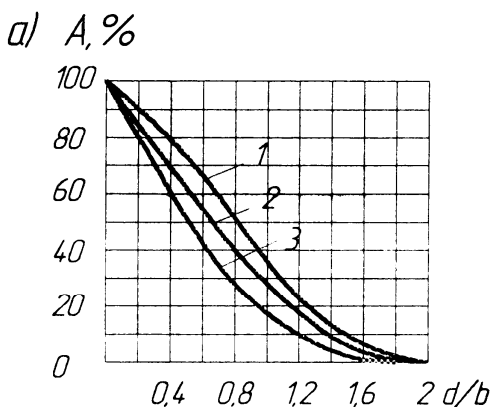


Рис. 2.9. Зависимость производительности щековых и конусных дробилок от величины выходной щели b :

а – щековые дробилки со сложным качанием щеки; 1 – СМ-16Д; 2 – СМ-741; 3 – СМ-166А; 4 – СМ-182; *б* – щековые дробилки с простым качанием щеки; 1 – 1500х1200; 2 – 1200х1500; 3 – 900х1200; 4 – 600х900; *в* – конусные дробилки крупного дробления; 1 – ККД-1500; 2 – ККД-1200; 3 – ККД-900; 4 – ККД-700; 5 – ККД-5СО; *г* – конусные дробилки среднего дробления; 1 – КСД-Б-2200; 2 – КСД-А-2200; 3 – КСД-Б-1750; 4 – КСД-А-1750; 5 – КСД-Б-1200; 6 – КСД-А-1200; 7 – КСД-900Т; 8 – КСД-800Т; - мягкие породы; --- средней твердости



**Рис. 2.10. Типовые характеристики крупности
продуктов дробления:**

а – щековых дробилок; 1 – твердых пород; 2 – то же, средней твердости; 3 – то же, мягких; б – конусных дробилок для пород средней твердости; 1 – дробилки крупного дробления серии ККД; 2 – то же, среднего дробления КСД; 3 – то же, мелкого дробления КМД; (a/b – крупность в долях ширины разгрузочной щели)

Результаты вычислений заносят в таблицу 2.10

Таблица 2.10

Зерновой состав щебня

Фракции, мм	d_1/v_1	Полные остатки	Частные остатки
0...3	$3/v_1 =$	$A_1 =$	$A_2 =$
3...10	$10/v_1 =$		
10...20	$20/v_1 =$		
20...40	$40/v_1 =$		
Более 40	-		

Далее производят подбор дробилок второй стадии дробления. Для этого вначале определяют производительность второй дробилки по формуле

$$Q_2 = c \cdot Q_1,$$

где Q_1 – производительность, рассчитанная по формуле; c – доля продукта, требуемого для повторного дробления, определяется по данным таблицы 1.10

Предельную крупность загружаемого щебня вычисляют по формуле

$$D^1 = v_1 \cdot \varphi,$$

где D^1 – максимальная крупность щебня, загружаемого во вторую стадию; v_1 – ширина разгрузочной щели дробилки, установленной на первой стадии; φ – коэффициент, определяемый точкой пересечения соответствующей кривой зернового состава с осью абсцисс (рис. 2.9).

Дробилку выбирают в соответствии с полученными расчетными значениями Q_2 и D^1 , причем номинальные значения производительности и размера загрузочного отверстия должны быть несколько выше расчетных.

Зерновой состав продуктов дробления второй стадии определяют так же, как и для первой стадии дробления, и приводят в виде таблицы (табл. 2.11).

Таблица 2.11

Зерновой состав материала после второй стадии дробления

Фракции, мм	d_1/v_1	Полные остат- ки, %	Частные остат- ки, %
0...3	$3/v_2 =$		
3...10	$10/v_2 =$		
10...20	$20/v_2 =$		
20...40	$40/v_2 =$		
Более 40	-		

Примечание. v_2 – ширина разгрузочной щели дробилки 2-й стадии.

По результатам вычислений определяют количество фракций с размером кусков щебня больше заданного максимального значения. Если такой фракции более 5%, то необходимо предусмотреть её повторное измельчение. Для этого устанавливают работу дробилки в замкнутом цикле и проверяют достаточность ее производительности с учётом дополнительного дробления «возврата» по следующей формуле:

$$Q'_2 = \frac{Q_2}{1 - q},$$

где Q_2 – первоначальная производительность дробилки; q – доля потока щебня, направляемого на повторное дробление.

После этого производят подсчет суммарного зернового состава щебня на обеих стадиях дробления по фракциям:

$$\gamma_{\Sigma} = \gamma_1 + \frac{c}{1 - q} \cdot \gamma_2,$$

где γ_{Σ} – суммарный зерновой состав определяемой фракции, %;

γ_1 – зерновой состав щебня этой фракции из дробилки первой стадии, %; c – доля продукта, выходящего из дробилки первой стадии, требующего повторного дробления; q – доля продукта, выходящего из дробилки второй стадии, требующего повторного дробления; γ_2 – зерновой состав этой же фракции из дробилки второй стадии.

Если в щебне, прошедшем две стадии дробления, содержится более 5% фракции, превышающей по размеру кусков заданное

максимальное значение, то щебень необходимо подвергнуть классификации, то есть рассеву на грохоте.

2.4. Грохоты и классификаторы

Исходная горная масса, поступающая из карьеров на дробильно-сортировочное предприятие, и продукт дробления дробилок представляют собой зерновые смеси, состоящие из различных по размеру частиц – от пылевидных до кусков размером 300...1200 мм. Зерновые смеси разделяют на фракции по крупности частиц. Разделение осуществляется двумя методами: сортировкой на просеивающей поверхности с калиброванными отверстиями – грохочением; сортировкой в жидкой или газообразной среде в результате различной скорости осаждения частиц разной крупности – классификацией.

Грохочение применяется в промышленности для разделения частиц и кусков размером более 3 мм, редко до 1 мм; классификация – для разделения песков на фракции, т.е. для частиц размером менее 3 мм. Соответствующее этим процессам оборудование получило название грохоты и классификаторы.

В нерудной промышленности применяют одномассовые инерционные грохоты с дебалансным вибровозбудителем. Грохоты предназначены для грохочения сыпучих материалов с насыпной плотностью до 2,8 т/м³.

В зависимости от насыпной плотности сортируемого материала 1,4; 1,8 и 2,8 т/м³ грохоты соответственно разделяют на три типа: лёгкие (Л), средние (С) и тяжелые (Т). Грохоты также принято подразделять по траектории движения: с круговыми или близкими к ним (И) колебаниями, с прямолинейными (С) колебаниями. Грохоты с круговыми колебаниями или близкими к ним выполняют наклонными (10...30°), а с прямолинейными и близкими к прямолинейным – горизонтальными или слабонаклонными (0...5°).

2.4.1. Грохоты

Общий вид колосникового инерционного грохота тяжелого типа (ГИТ) СМД-113 приведен на рис. 2.11.

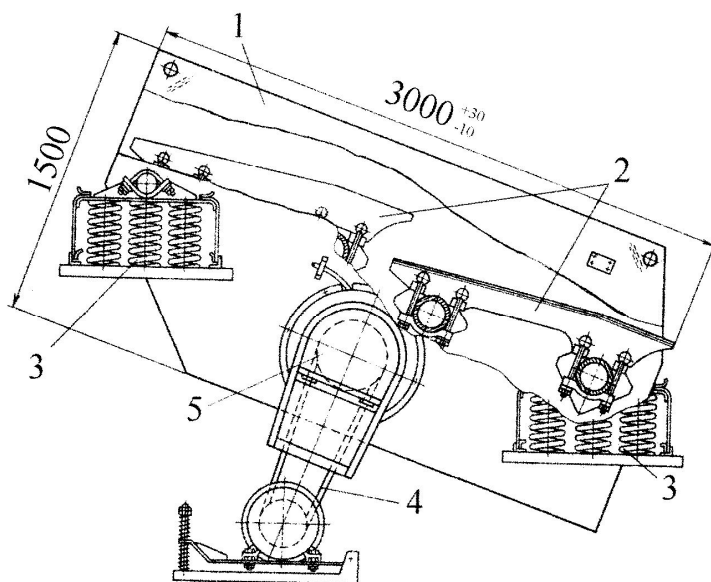


Рис. 2.11. Колосниковый инерционный грохот тяжёлого типа (ГИТ) СМД-113

Грохот состоит из короба 1; колосников 2; установленных двумя ступенями; вибровозбудителя 5; привода 4 и пружинных опор 3. Короб металлический, коробчатой формы; боковые стенки соединены между собой поперечными связями и трубой вибровозбудителя. Последняя также служит защитой вала от изнашивания.

Колосники крепят в коробе специальными скобами, обеспечивающими быстрый их съем и установку. Щель между колосниками в направлении движения материала расширяется, благодаря чему они не забиваются камнями.

Грохот приводится в колебательное движение дебалансным вибровозбудителем (рис. 2.10), состоящим из горизонтального вала 3, вращающегося в подшипниках, и дебалансов 4, установленных на концах вала. Привод осуществляется через клиноременную передачу 5. Шкив 1 вибровозбудителя устанавливают эксцентрично относительно оси вала грохота 2 таким образом, чтобы при работе в установившемся режиме его ось оставалась в пространстве неподвижной.

Подвеска из цилиндрических пружин расположена в специальных поворотных кронштейнах, закрепленных на коробе, этим достигается возможность установки грохота под различным углом наклона.

Наклонные среднего типа виброгрохоты (ГИС) предназначены для окончательной сортировки щебня. Их конструкция отличается просеивающей поверхностью и способами ее крепления. В качестве просеивающих поверхностей используют проволоочные из металлической сетки сита или решета из синтетических материалов.

Грохоты с прямолинейными колебаниями типа ГСС и горизонтальным расположением сит отличаются в основном конструкцией вибровозбудителя, который состоит из двух валов с дебалансными грузами, вращающимися синхронно и синфазно в противоположных направлениях.

Валы могут быть связаны между собой с помощью зубчатой передачи (рис. 2.11) или чисто динамически. В первом случае такие грохоты называются самобалансными и имеют привод на один из валов; во втором – самосинхронизирующимися и имеют привод на каждый из валов. При вращении валов на коробе грохота возбуждаются гармонические прямолинейные колебания, направленные под углом к поверхности сита $35...45^{\circ}$.

Грохоты типа ГСС благодаря меньшим установочным размерам по высоте получили применение на передвижных дробильно-сортировочных установках. Техническая характеристика грохотов приведена в табл. 2.7.

Виброгрохоты широко используют для промывки материалов от засорения илстыми и пылевидными частицами, а также для обезвоживания щебня. Выпускают также специальные вибрационные виброобезвоживатели.

Таблица 2.7

Техническая характеристика грохотов

Показатели	ГСС-32 (СМД-107)	ГИТ-42 (СМД-113)	ГИС-42 (СМД-148)	ГИС-52 (СМД-121)	ГИС-62 (СМД-125)	ГИС-72 (СМД-157)
Размеры просеивающей поверхности, мм:						
ширина	1250	1500	1500	1750	2000	2500
длина	3000	3000	3750	4500	5000	6000
Размер загружаемого материала, мм	До 100	До 1000	200	200	150	150
Число ярусов сит	2	1	2			
Угол наклона просеивающей поверхности, ...°	0	10...30	10...25			
Частота колебаний, Гц	12,5	13,3	16,0			
Амплитуда колебаний, мм	9	3,5...4	16,0	15,0	15,0	16,5
				4...4,2		4
Установленная мощность, кВт	5,5	17	10	17	17	30
Габаритные размеры, мм:						
длина	3750	3050	4500	5080	5880	6700
ширина	1930	2200	2400	2440	2620	3036
высота	1500	1500	1300	1230	1390	3250
Масса, кг	2200	5600	3300	3800	5650	9000

2.4.2. Классификаторы

Классификаторы предназначены для разделения исходного материала на две или несколько фракций различной крупности с помощью жидкой или газообразной среды. Процесс разделения материала происходит благодаря различию скоростей стесненного падения крупных и мелких частиц, взвешенных в покоящейся или движущейся среде. Водная классификация осуществляется в механических и гидравлических классификаторах; классификация в воздушной среде – в пневматических классификаторах или воздушных сепараторах.

Классификаторы в промышленности нерудных строительных материалов предназначены в основном для разделения песков по крупности или выделения из песков мелкой фракции (0,14 мм), а также для промывки и обезвоживания мелкозернистого материала.

Среди механических получили наибольшее распространение спиральные классификаторы, которые состоят из промывочной

ванны, устанавливаемой наклонно, и одной или двух спиралей, размещаемых в ванне. На верхнем конце вала спирали устанавливают привод, на нижнем – механизм подъема спирали. Подъем спирали позволяет производить пуск классификатора под нагрузкой без очистки ванны от песков. Техническая характеристика спиральных классификаторов приводится в табл. 2.8.

Исходный материал подают вместе с водой в нижнюю часть ванны. Крупные частицы оседают на дне ванны; мелкие, взмучиваемые вращением спирали, - непрерывно выносятся с потоками воды через порог ванны в слив. Крупные частицы спиралью перемещаются в верхнюю часть ванны, обезвоживаются и разгружаются через отверстие на дне ванны.

Производительность (т/ч) спиральных классификаторов для песка определяют по формуле

$$Q = 5.45mD^3n(\rho / 2.7)k_{\alpha},$$

где m – число спиралей; D – диаметр спирали, м; n – частота вращения спирали, мин^{-1} ; ρ - плотность классифицируемого материала, т/м^3 ; k_{α} - коэффициент, учитывающий угол наклона ванны α :

$\alpha, \dots^{\circ}$	14	15	16	17	18	19	20
$k_{\alpha}, \dots$	1,12	1,10	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94

Таблица 2.8

Техническая характеристика спиральных классификаторов

Показатели	KC1-3х30	KC1-48х45	KC1-7,5х55	KC1-12х65
Диаметр спирали, мм	300	480	750	1200
Длина ванны, мм	3000	4500	5500	6500
Число спиралей	1			
Частота вращения спирали, мин ⁻¹	25	12,0	7,8	8,5
Крупность зерен, поступающих в слив, мм	0,83...0,155			
Установленная мощность, кВт	1,1; 0,55	3,0; 0,55		5,5; 1,5
Габаритные размеры, мм:				
длина	3920	5440	7100	7610
ширина	795	985	1280	1675
высота	942	1292	1542	1675
Масса, кг	775	1230	2250	5480

2.5. Методика технологического расчёта грохотов

Количество устанавливаемых грохотов при классификации щебня определяется числом фракций, которые необходимо отделить от основной массы.

Производительность грохотов (при сухой сортировке) определяется по формуле

$$Q = \delta \cdot A \cdot q_0 \cdot K_1 \cdot K_2,$$

где Q – количество щебня, которое необходимо отделить; δ – коэффициент, зависящий от вида дробимого материала и угла наклона грохота (для щебня при наклонном грохоте принимается равным 0,4); A – площадь сита, м²; q_0 – удельная производительность сита, м³/ч (значение q_0 определяется из графика (рис. 2.9) в зависимости от диаметра ячейки сита); K_1 – коэффициент, зависящий от процентного содержания в исходном материале зёрен, размер которых меньше ячейки сита (определяется из графика (рис. 2.10)); K_2 – коэффициент, зависящий от процентного содержания в щебне, прошедшем через сито, зёрен размером менее 0,5 ячейки сита (определяется из графика (рис. 2.10)).

В соответствии с полученным значением площади сита (А) по справочникам выбирают марку грохота.

2.6. Контрольные вопросы

1. Какие процессы в технологии строительных материалов относятся к механическим?
2. Дайте характеристику дробления в зависимости от крупности конечного продукта.
3. Каковы требования к измельчённому сырью?
4. Приведите классификацию дробилок.
5. Приведите принципиальные схемы дробилок.
6. Назовите методы измельчения материалов.
7. Приведите классификацию зернистых материалов и основные схемы грохочения.
8. Назовите факторы, влияющие на эффективность грохочения.
9. Приведите классификацию грохотов.
10. В чем сущность методики технологического расчёта и подбора дробильного оборудования?
11. В чем сущность методики технологического расчёта и подбора грохотов?
12. Перечислите основные характеристики зернового состава строительных материалов.

3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СУШКИ И ОБЖИГА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

3.1. Сушильные барабаны

Сушильный барабан **СМЦ-15** предназначен для подсушки высоковлажного кускового известняка перед помолом его в мельницах. Основными частями барабана (рис.3.1) являются корпус 9 с насаженными на него бандажми 7, привод 10 с зубчатым венцом 12, роlikоопоры 5, гидравлические упоры 8, загрузочная труба 2, разгрузочная камера 15 со шлюзовым затвором 16, смазочная система уплотнения 4 загрузочного и 13 разгрузочного концов. Техническая характеристика СМЦ приведена в табл. 3.1 и 3.2.

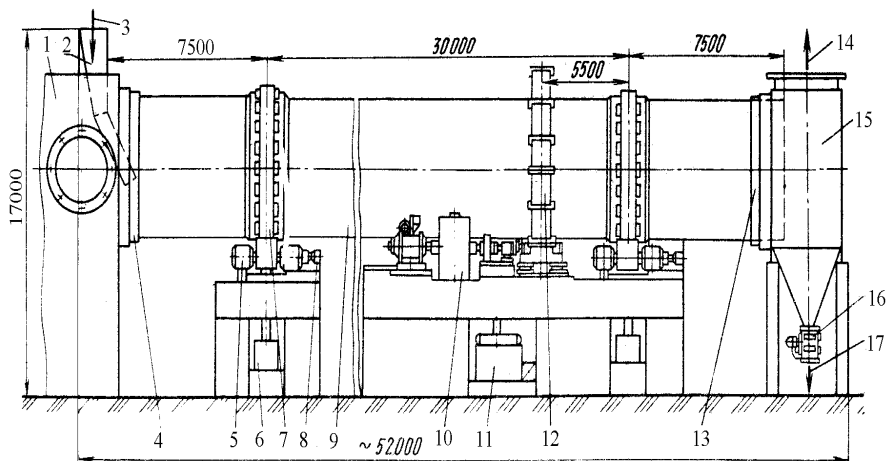


Рис. 3.1. Сушильный барабан СМЦ-15:

1 – загрузочная камера; 2 – загрузочная труба; 3 – подача исходного материала; 4 – уплотнение загрузочного конца барабана; 5 – роlikоопора; 6 – станция жидкостной смазки подшипников опорных роликoв; 7 – бандаж; 8 – гидравлический упор; 9 – корпус барабана; 10 – привод; 11 – станция жидкостной смазки редуктора главного привода и подшипников подвешенной шестерни; 12 – зубчатый венец; 13 – уплотнение загрузочного конца барабана; 14 – выход отработавших сушильных газов; 15 – разгрузочная камера; 16 – шлюзового затвор; 17 – выгрузка подсушенного известняка

Материал подсушивается горячими газами (отходящими из печного агрегата и получаемыми в топке), подаваемыми через рабочую полость барабана, заполненную завесой из пересыпающихся кусков известняка, для чего барабан оснащен многочисленными пересыпными устройствами. Сушильные газы и влажный материал подаются в барабан с одной стороны, т.е. осуществляется процесс сушки “в прямотоке”.

Предусматриваются основной и резервный режимы работы сушильного барабана.

В основном режиме для обеспечения полной производительности (208 т/ч по подсушенному известняку) в сушильном барабане отходящие дымовые газы смешиваются с горячими газами, ко-

торые получаются в топке при сжигании в ней мазута. Температура сушильных газов на входе в сушильный барабан составляет 400 °С.

Резервный режим работы применяется в тех случаях, когда отходящие печные газы по каким-либо причинам не могут быть поданы в сушильный барабан, подсушка известняка происходит целиком за счет теплоты топочных газов, которые подаются через загрузочную камеру с температурой 700 °С.

Таблица 3.1

Техническая характеристика сушильного барабана СМЦ-15

Показатели	Величина
Производительность по подсушенному известняку, т/ч	208
Влажность известняка, %:	
на входе	17
на выходе	8
Крупность кусков известняка, мм	0...45
Температура сушильных газов, С:	
на входе	400
при использовании отходящих печных газов, разбавленных топочными	700
на выходе при использовании топочных газов	150
Удельное количество испаренной влаги, кг/(м ³ *ч)	20,5
Расход теплоты, кДж:	
на 1 кг подсушенного известняка	155
на 1 кг испаренной влаги	1420
Размеры корпуса барабана, м:	
диаметр	5,6
длина	45
Уклон барабана, %	5
Частота вращения барабана, об/мин	1,2...2,4
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	630
Масса, т	1300

Таблица 3.2

Техническая характеристика сушильных барабанов

Показатели	СМЦ-15	3,5х27М	СМЦ-428,2	СМЦ-429,2	СМЦ-440,2
Производительность по подсушенному материалу, т/ч	208	100	25-30	20-25	11
Размеры барабана, мм:					
длина	45	27	20	14	14
диаметр	5,6	3,5	2,8	2,8	2,2
Влажность материала, %:					
на входе	17	18	22	20-22	22
на выходе	8	8	3	1-8	3
Мощность привода, кВт	630	200	75	55	40

3.2. Агрегаты для совмещенных процессов помола и сушки сырьевых материалов

Для помола и одновременной сушки сырьевых материалов с начальной влажностью до 7..8% и ПО ВНИИцеммаш и заводом «Волгоцеммаш» разработаны и выпускаются агрегаты с трубными мельницами размером 4,6×10 м.

Агрегат СММ-2,4 с мельницей размером 4,2×10 м (рис. 3.2) содержит собственно мельницу 8, проходной сепаратор 24 диаметром 5,5 м, шлюзовой затвор 7, затворы-мигалки 25, ячейковые затворы 19, дымосос ДЦ 25×2 16, питатели 15 и весовые дозаторы 5 компонентов размалываемого материала, отсекающие и регулирующие шиберы 2, 12, 15, 23, 27, циклоны-осадители 18, топку 1, электрооборудование, газоходы 14, 20, 21, 22, 28, бункера 4, течки.

Компоненты исходного сырьевого материала из склада подаются в бункера 4 помольного отделения, откуда через питатели и дозаторы 5 поступают на пластинчатый питатель 6, который транспортирует шихту в загрузочное устройство трубной мельницы 8 через шлюзовой затвор 7, препятствующий подосу наружного холодного воздуха в мельницу. Одновременно в нее по газоходу 9 подаются горячие дымовые газы, отходящие из печного агрегата технологической линии. При установленном печном агрегате и ра-

[illegible]

1 – топка; 2 – шибер; 3 – газоход подачи горячих газов; 4 – бункеры сырья; 5, 7, 12, 15, 19, 23, 25, 27 – затворы; 6 – пластинчатый питатель; 8 – мельница; 9 – газоход подачи газов из печного агрегата; 10 – течка для подачи крупки на домол; 11, 13, 14, 20, 21, 22, 28 – газоходы; 16, 29 – дымососы; 17 – силос сырьевой муки; 18 – циклон-осадитель; 24 – проходной сепаратор; 26 – электрофильтр; 30 – вытяжная труба

49

Затем отработавший газ, содержащий в небольшом количестве не осевшие в циклонах мельчайшие частицы пыли, по газоходу 20 через мельничный дымосос 16 направляется в электрофильтр 26, после очистки в котором через газоход 8 концевым дымососом 29 через вытяжную трубу 30 сбрасывается в окружающую среду. Электрофильтр 26 и концевой дымосос 29 входят в состав печного агрегата технологической линии; когда помольный агрегат простаивает по каким-либо причинам, а печной агрегат работает, дымовые газы, отходящие из циклонного теплообменника печного агрегата, после охлаждения и увлажнения в специальной установке направляются не в помольный агрегат, а непосредственно в электрофильтр, затем через концевой дымосос и вытяжную трубу в окружающую среду.

Тяга, необходимая для транспортирования пылегазовой смеси по тракту от мельницы до вытяжной трубы, создается мельничным 16 и концевым дымососами. Часть газов, отходящих из печного агрегата, может направляться не в мельницу, а непосредственно в проходной сепаратор 24, что позволяет увеличить эффективность его действия.

Для регулирования или отсечки пылегазового потока на газоходах помольного агрегата перед мельницей и электрофильтром устанавливают отсекающие и регулирующие шиберы 2, 12, 15, 23, 27.

Силос 17 сырьевой муки со всеми устройствами и механизмами не входит в состав помольного агрегата, а относится к системе гомогенизации сырьевой муки.

Агрегат СММ-166 с мельницей размером 4,6×10 м имеет аналогичную конструкцию.

3.3. Методика технологического расчёта сушильных барабанов

Выбор параметров сушильных барабанов и режимов их работы зависит от физических свойств породы, главным образом, от её начальной влажности и размеров кусков. Чем выше начальная влажность и мельче куски, тем интенсивнее испаряется влага.

Технологический расчёт сушильного барабана выполняют в такой последовательности.

По заданной производительности определяют производительность барабана по выходу материала:

$$П_1 = \frac{Q \cdot 1000}{3600},$$

где $П$ – производительность барабана по выходу материала, кг/с;
 Q – заданная производительность барабана по выходу материала, т/ч.

По выходу влаги вычисляют производительность барабана:

$$П_2 = П_1 \cdot \left[\left(\frac{W_1}{100 - W_1} \right) - \left(\frac{W_2}{100 - W_2} \right) \right],$$

где $П_2$ – производительность барабана по выходу влаги, кг/с;
 $П_1$ – производительность барабана по выходу материала, кг/с;
 W_1 – начальная влажность материала, %; W_2 – конечная влажность материала, %.

Рабочий объём сушильного барабана определяют по формуле

$$V = \frac{3600 \cdot П_2}{A},$$

где V – рабочий объём сушильного барабана, м³; $П_2$ – производительность барабана по выходу влаги, кг/с; A – паросъём, кг/м³ч (принимается для глины 50-60кг/м³ч; для известняка – 45-65кг/м³ч).

На основании расчёта V по справочникам выбирают сушильный барабан с объёмом, несколько превышающим расчётное значение.

Время прохождения материала через барабан определяют по формуле

$$\tau = \frac{120 \cdot \beta \cdot \rho \cdot (W_1 - W_2)}{A \cdot [200 - (W_1 - W_2)]},$$

где τ - время прохождения материала через барабан, мин; β - коэффициент заполнения барабана в долях единицы, равен 0,1-0,25;
 ρ - средняя насыпная плотность материала, кг/м³; A – паросъём, кг/м³ч; $W_{1,2}$ – начальная и конечная влажность материала, %.

Далее рассчитывают угол наклона сушильного барабана по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{m \cdot K \cdot L}{n \cdot \tau \cdot D},$$

где $\operatorname{tg} \alpha$ - тангенс угла наклона сушильного барабана; m , K – коэффициенты, учитывающие условия теплообмена в барабане, принимаются по табл. 3.3; L , D – длина и диаметр барабана, выбираются по справочникам в соответствии с выбранной производительностью.

стью барабана; n – частота вращения барабана, принимается по табл. 3.4; τ - время прохождения материала через барабан, мин.

Таблица 3.3

Значения коэффициентов m , K и δ

Вид теплообменника	m	K при прямопотоке	K при противопотоке	δ
Лопастной или навеска цепей	0,5	0,2-0,7	0,5-0,7	0,04-0,07
Ячейково-сепараторный	1	0,7-1,2	1,2-2	0,01-0,02

Таблица 3.4

**Типоразмеры и частота вращения сушильных барабанов
(по Д.Я. Мазурову)**

Рабочий объём барабана, m^3	Диаметр барабана (D), м	Длина барабана (L), м	Частота вращения барабана (n) об/мин	Рабочий объём барабана, m^3	Диаметр барабана (D), м	Длина барабана (L), м	Частота вращения барабана (n) об/мин
20	1,6	10	3,2-6,4	177	3,2	22	2-6
38	2	12	3,2-6,4	259	3,5	27	2-6
53	2,2	14	3,2-6,4	352	4	28	2-6
88	2,5	18	2-6	556	4,5	35	2-6
123	2,8	20	2-6	686	5	35	2-6
141	3	20	2-6				

Мощность привода сушильного барабана вычисляют по формуле

$$N = 0,0013 \cdot D^3 \cdot L \cdot n \cdot \delta \cdot \rho,$$

где N – мощность привода сушильного барабана, кВт; L – длина барабана, м; D – диаметр барабана, м; ρ – средняя насыпная плотность материала, kg/m^3 ; n – частота вращения барабана, об/мин; δ - коэффициент, учитывающий условия теплообмена в барабане, принимается по данным табл.3.3.

3.4. Контрольные вопросы

1. Дайте характеристики тепловых процессов в технологии строительных материалов. Изложите основы теплопередачи.
2. Охарактеризуйте способы передачи теплоты: теплопроводность, конвекция и тепловое излучение.
3. Приведите классификацию установок для тепловой обработки строительных материалов.
4. В чем заключается сущность методики технологического расчёта и подбора сушильных барабанов?
5. Дайте характеристику агрегатов для одновременного помола и сушки сырьевых материалов.

4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОМОЛА МАТЕРИАЛОВ

4.1. Трубные мельницы

Трубные мельницы СММ-3,5 размером 4,2x10 м и СММ-162 размером 4,6x10 м имеют аналогичные конструкции (рис. 3.1, табл. 3.1).

В состав мельницы входят загрузочная течка 10, цапфовые подшипники 5, торцовые крышки 2, барабан 1, разгрузочный патрубок 6, привод, смазочные устройства, электрооборудование.

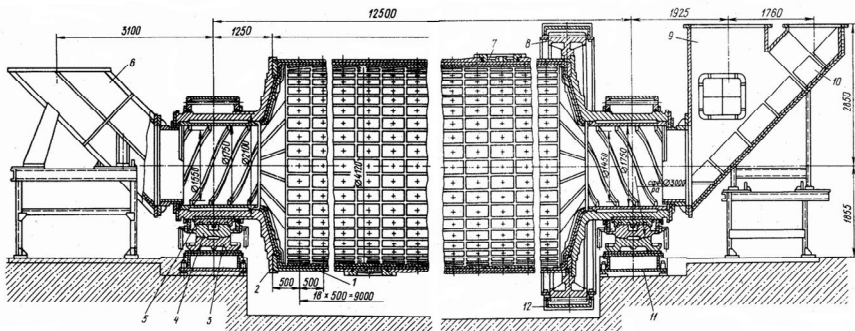


Рис.4.1. Трубная мельница размером 4,2×10 м

Таблица 4.1

Техническая характеристика трубных мельниц

Параметры	CMM-3.5	CMM-166
Производительность, т/ч	130	150
Размеры барабана мельницы, мм:		
внутренний диаметр	4120	4600
длина	10000	10000
Частота вращения мельницы при работе от главного привода, об/мин	15,6	15,1
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	2000	3150
Масса загружаемых мелющих тел, т	120	160
Масса, т	300	400

Примечание. Производительность мельниц указана при исходном материале влажностью не выше 6%, с размером кусков до 25 мм, размолоспособностью 80 кг/(кВт·ч), тонкости помола 12% остатка на сите из сетки 008К, влажности готового продукта до 1%. В других условиях возможны иные значения производительности мельницы.

Загрузочная течка 10 и патрубок 9 для подачи сушильных газов выполнены сварными из листовой стали. К течке болтами присоединена цилиндрическая горловина. Сопряжение горловины с загрузочным трубошнемком осуществляется с зазором, который уплотняется асбестовой пропитанной набивкой. Дно течки и внутренняя поверхность горловины защищены от износа футеровкой из листовой стали.

Опорами вращающейся части мельницы служат два цапфовых подшипника 5 скольжения. Подшипник со стороны привода – фиксирующий и воспринимает как радиальные, так и осевые усилия. Подшипник со стороны разгрузки – плавающий и воспринимает только радиальные усилия. У обоих подшипников имеются чугунные сферические вкладыши 4. Выпуклой сферической поверхно-

стью вкладыш опирается на вогнутую сферическую поверхность корпуса опоры 3, что позволяет компенсировать неточности монтажа и равномерно распределять нагрузки на рабочую поверхность подшипника. На сферический вкладыш опирается стальной вкладыш с заливкой из баббита с углом охвата цапфы 120° . Смазка подшипников – жидкостная смазочная система – циркуляционная.

Сферические поверхности вкладыша и корпуса опоры, а также рабочая поверхность цапфового подшипника пришабриваются по сопрягаемым деталям.

В баббитовой наплавке подшипников имеется карман, в который подается масло под давлением 10 МПа, при этом обеспечивается работа подшипника в режиме гидropодпора, что необходимо для снижения потерь мощности на трение в подшипниках в моменты пуска и остановки мельницы, а также для предохранения баббита от задиrow. Корпус подшипника закреплен на фундаментной раме 11 сварной конструкции с обработанной верхней плоскостью, которая является базой для выверки. Рама прикреплена к фундаменту анкерными болтами. Положение подшипника в вертикальной плоскости регулируется отжимными болтами. Выверка положения корпуса опоры на фундаментной раме в горизонтальной плоскости проводится с помощью регулировочных болтов. На корпусе имеются люки 7.

Барабан мельницы сварной конструкции. Для предохранения внутренней поверхности от изнашивания барабан футеруют износостойкими бронеплитами и для предохранения от повреждения и уменьшения шума и теплопотерь под бронеплиты прокладывают асбестовую ткань или другой подобный материал.

Мельница размером 4,2x10 м является однокамерной: междукамерную перегородку в барабане не устанавливают.

Загрузочная и разгрузочная торцовые крышки 2 представляют собой стальные отливки, выполненные заодно с пустотелыми цапфами, и присоединяются к фланцам барабана болтами. Внутренняя поверхность торцовых крышек также футерована литыми бронеплитами.

Загрузочный и разгрузочный трубошneки имеют сварную конструкцию. Спираль в загрузочном трубошneке способствует загрузке мельницы материалом, а спираль в разгрузочном трубошneке служат для возврата недомолотых частиц материала и мелющих тел в барабан.

Разгрузочный патрубок 6 выполнен сварным из листовой стали, имеет эллипсоидное сечение. Для исключения завала материала патрубок устанавливают на тумбе под углом 45° . К патрубку болтами присоединяют цилиндрическую разгрузочную горловину. Внутреннюю поверхность патрубка футеруют листовой сталью.

Привод обеспечивает рабочее вращение мельницы с частотой 15,6 об/мин и медленное вращение при ремонтных работах с частотой 0,176 об/мин. Рабочее вращение передается от электродвигателя главного привода через промежуточное соединение и подвенцовую шестерню к зубчатому венцу 8, который при помощи болтов закреплен на барабане мельницы. Медленное вращение передается от электродвигателя вспомогательного привода через тормозную муфту, вспомогательный редуктор, кулачковую муфту, ротор двигателя главного привода, промежуточное соединение, венцовую пару к мельнице.

Одновременное включение и работа обоих электродвигателей исключаются электроблокировкой. Вспомогательный привод включается и выключается с помощью кулачковой муфты при воздействии на ручной механизм. Наличие тормоза в системе вспомогательного привода позволяет фиксировать мельницу в любом положении.

Привод мельницы выполнен периферийным с открытой зубчатой передачей, для того чтобы можно было оставить разгрузочную цапфу свободной для пневматической разгрузки мельницы.

Зубчатый венец состоит из двух половин, соединяемых болтами и стяжными кольцами, крепится к фланцу крышки стяжными и призонными болтами.

Подвенцовая шестерня с валом установлена в корпус на роликовых сферических подшипниках; корпус подвенцовой шестерни смонтирован на фундаментной раме. Регулирование и фиксация положения подвенцовой шестерни относительно венца при монтаже и в процессе эксплуатации по мере изнашивания зубьев производятся винтовыми упорами. Венцовая пара закрыта металлическим секционным кожухом 12, имеющим двустороннее уплотнение от попадания пыли. Вал подвенцовой шестерни имеет два одинаковых выходных конца, позволяющих поворачивать подвенцовую шестерню при изнашивании одной стороны зуба.

Оптимальный набор мелющих тел (шаров) выбирают в процессе эксплуатации мельницы, поскольку он зависит от физико-механических свойств, влажности размалываемого материала, ка-

чества металлов шаров, интенсивности их изнашивания. Масса мелющих тел периодически пополняется; при их полной замене выдерживается соотношение масс шаров каждого размера.

На значительной длине барабана мельницы установлены конусоволнистые бронефутеровочные плиты, которые способствуют самосортированию мелющих тел: крупные шары смещаются в сторону загрузочной части и участвуют в дроблении и измельчении наиболее крупных кусков материала, мелкие шары смещаются в сторону разгрузочной части и участвуют в дроблении и измельчении мелких частиц материала. Со стороны загрузочного конца установлена бронефутеровка из крупносортового проката.

Сырьевая шихта, состоящая из смеси известняка и глины и корректирующих добавок, подается через шлюзовой затвор в загрузочную течку 10 мельницы, откуда ссыпается в трубошnek, смонтированный внутри полой загрузочной цапфы, и транспортируется в помольную камеру барабана 1. Сюда же через газоход 9 в загрузочной течке подаются горячие дымовые газы, отходящие от печного агрегата технологической линии. В случае остановки печного агрегата при работающей мельнице сушильные газы в нее подаются из топki, которая входит в состав помольного агрегата.

Материал измельчается за счет дробящего и истирающего воздействия на него мелющих тел (шаров), находящихся в помольной камере. При вращении барабана мельницы мелющие тела и материал под действием центробежных сил и сил трения поднимаются вверх до тех пор, пока радиальная составляющая силы тяжести не превысит центробежную силу, после чего куски материала и шары падают вниз, устанавливается постоянное перемещение материала вверх-вниз, во время которого происходит его измельчение путем раскалывания, раздавливания и истирания. Одновременно материал подсушивается. Размолотый и подсушенный материал выносится вместе с потоком газа из мельницы через торцевую крышку 2 и разгрузочный патрубок 6 в проходной сепаратор, где разделяется на готовый продукт, который подается в силос сырьевой муки, и крупку, которая возвращается в мельницу на домол.

Трубные мельницы размером 4x13,5 м; 3,2x15 м; 3,2x8,5 м; 2,6x13 м; 2x10,5 м (табл. 3.2) для помола сырьевых материалов и клинкера с добавками применяют в технологических линиях мокрого и сухого способов производства: для мокрого помола сырьевых материалов с корректирующими добавками, а также для помо-

ла клинкера с добавками. Мельницу размером 3,2х8,5 м используют только для помола сырьевых материалов.

Таблица 4.2

Техническая характеристика трубных мельниц

Параметр	Размер, м				
	4х13,5	3,2х15	3,2х8,5	2,6х13	2х10,5
Производительность при мокром помоле сырьевых материалов с корректирующими добавками, т/ч	145	70	45	50	15
Производительность при помоле клинкера с добавками, т/ч	90	50	-	25	10
Размеры барабана мельницы, мм:					
внутренний диаметр	3970	3200	3200	2600	2000
длина	13920	15020	8520	13029	10520
Цапфовые подшипники: диаметр, мм	1800	1400	1400	1200	800
Смазка	Жидкостная, циркуляционная				
Частота вращения мельницы при работе на приводе, об/мин:					
главном	16.1	19.94	18.5	18.5	20.97
вспомогательном	0.2	0.188	0.225	0.233	0.97
Электродвигатель главного привода					
мощность, кВт	3150	2000	1000	1000	500
частота вращения, об/мин	500	100	375	375	750
Масса, т:					
мелющих тел мельницы	226	140	85	80	32
без мелющих тел и электрооборудования со стальной бронефутеровкой	480	360	220	260	105

Примечания: 1. Производительность мельниц для мокрого помола сырьевых материалов с корректирующими добавками указана при работе по открытому циклу (без гидроклассификатора) при тонкости помола 12% остатка на сите из сетки 008К, размалываемости материала 50 кг/(кВт · ч), крупности исходных кусков материала до 25 мм.

2. Производительность мельниц при помоле клинкера с добавками указана для работы по открытому циклу при тонкости помола 10% остатка на сите 008, средней размалываемости 40 кг/(кВт·ч), крупности исходных кусков материала до 25 мм.

3. В других условиях возможны иные значения производительности мельниц.

Все мельницы аналогичны по основным конструктивным и компоновочным решениям.

В состав мельниц размером 3,2х15 м (см. рис. 4.2) входят:

- *загрузочная часть* (загрузочная крышка 2 с цапфой, трубошnek 1, бронефутеровочная плита 3, течка);
- *цапфовые подшипники* (корпус подшипника, корпус вкладыша, вкладыш, рама);
- *средняя часть* (корпус 4, барабан с люками 5, междукaмерная перегородка 7, плиты бронефутеровочные 6, 8);
- *разгрузочная часть* (разгрузочная крышка 10, диафрагма 11, секторы разгрузочной решетки, разгрузочный трубошnek 12, разгрузочный патрубок 14);
- *разгрузочная камера* 15;
- *ситo* 18;
- *привод* (промежуточное соединение, редуктор главного привода, редуктор вспомогательного привода);
- *смазочная система*: электрооборудование (синхронный электродвигатель главного привода и электродвигатели вспомогательных механизмов, приборы контроля за состоянием смазочного материала и температурой подшипников).

В состав мельниц, предназначенных для помола клинкера с добавками, могут также входить (по договоренности с заказчиком) установки для ввода в мельницу поверхностно-активных веществ (ПАВ) и для впрыска в мельницу воды.

Каждая мельница представляет собой пустотный барабан 4, защищенный изнутри от изнашивания бронефутеровочными плитами 6, 8. Барабан разделен на две камеры междукaмерной перегородкой 7. Футеровочные плиты обеих камер отлиты из высокопрочной, высоколегированной стали; футеровка второй (по ходу движения материала) камеры мельниц, работающих на мокром помоле сырья, может выполняться из резины специальных сортов (кроме мельниц размером 4х13,5 м).

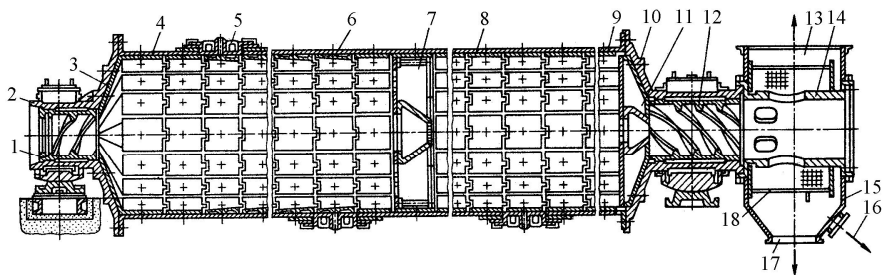


Рис. 4.2. Трубная мельница:

1 – загрузочный трубошnek; 2 – загрузочная крышка; 3 – футеровка загрузочной крышки; 4 – корпус барабана; 5 – люк; 6 – футеровка первой камеры; 7 – междуканальная перегородка; 8 – футеровка второй камеры; 9 – крепление футеровки; 10 – разгрузочная крышка; 11 – диафрагма; 12 – разгрузочный трубошnek; 13 – патрубок для выхода аспирационного воздуха при работе мельницы на помоле клинкера с добавками; 14 – разгрузочный патрубок; 15 – разгрузочная камера; 16 – выгрузка недомолотого продукта, осколков мелющих тел и т.д.; 17 – точка для выгрузки готового продукта; 18 – сито

К фланцам барабана на болтах крепятся две торцевые крышки (загрузочная и разгрузочная), выполненные заодно с пустотными цапфами, которыми мельница опирается на два самоустанавливающихся цапфовых подшипника скольжения. Мельница приводится во вращение синхронным электродвигателем главного привода через муфту, редуктор главного привода, промежуточное соединение, разгрузочный патрубок, соединенный болтами с фланцем разгрузочной цапфы. При ремонтах мельница проворачивается асинхронным электродвигателем вспомогательного привода через тормозную муфту, вспомогательный редуктор, кулачковую муфту с принудительным включением, редуктор главного привода и промежуточное соединение.

Одновременное включение в работу обоих электродвигателей исключается электроблокировкой. Включение и выключение вспомогательного привода осуществляется при помощи кулачковой муфты имеющей ручной механизм переключения. При включении кулачковой муфты, конечный выключатель разрывает цепь электродвигателя главного привода. Для облегчения срабатывания муфты предусмотрена возможность реверса электродвигателя вспомогательного привода. Наличие тормоза в системе вспомога-

тельного привода при работе на нем позволяет фиксировать мельницу в любом положении.

Материал, подлежащий измельчению, подается в загрузочную точку, из нее он ссыпается в трубошnek 1, закрепленный в полый загрузочной цапфе, выполненной заодно с загрузочной крышкой 2. Вода, необходимая при мокром помоле сырьевых материалов, также подается в загрузочную точку. При вращении мельницы винтовые лопасти трубошneка перемещают материал в первую помольную камеру; в нее загружены мелющие тела – стальные шары, при помощи которых осуществляется дробление и предварительный помол материала. После этого он подается через междукaмерную перегородку 7 во вторую помольную камеру, в которую загружены цилиндрические мелющие тела – цельпeбс, при их помощи осуществляется окончательный помол материала.

Через щели в загрузочной решетке – диафрагме 11, установленной в конце второй камеры, и разгрузочный трубошnek размолотый материал попадает в разгрузочный патрубок 14. При вращении мельницы через окна патрубка он поступает на круглое сито 18, которое жестко закреплено на разгрузочном патрубке и вращается вместе с ним. Готовый материал проходит через ячейки сита и выгружается через центральную точку 17 разгрузочной камеры 15.

Недомолотый материал и остатки мелющих тел, прошедшие через щели разгрузочных секторов, специальной лопастью из сита направляются в карман приемной камеры и через боковую точку 16 удаляются по мере их накопления.

Основная работа по измельчению материала в мельнице производится при ударе свободно падающих мелющих тел. Шары под действием центробежных сил и трения о внутреннюю отфутерованную поверхность корпуса поднимаются вместе с корпусом мельницы на значительную высоту, а затем отделяются от корпуса и падают вниз на футеровку и слой материала и шаров.

Аналогичные процессы происходят во второй цельпeбсной камере. Падение мелющих тел сопровождается ударами и дроблением, а также истиранием их о футеровку и мелющие тела.

Оптимальный набор мелющих тел устанавливается в процессе эксплуатации мельниц, так как он зависит от свойств размалываемого материала, качества материала шаров и степени их изнашивания. Масса мелющих тел пополняется периодически догрузкой их приблизительно через 100 часов работы. Полная замена мелющих тел новыми производится через 1800 – 2000 часов работы.

Для уменьшения шума во время работы мельницы между бронфутеровочными плитами и корпусом барабана при монтаже помещают прокладку из асбестовой ткани или другого подобного материала; по требованию заказчика вторая камера может оснащаться резиновыми футеровочными плитами. Их применяют только при мокром помоле сырьевых материалов с нейтральной, слабокислой или слабощелочной средой, температура которой не превышает 70⁰ С. Резиновые плиты крепят к корпусу барабана прижимными брусьями (лифтерами) с помощью металлических планок (зажимов), входящих в пазы Т – образной формы, имеющих в лифтерах. Зажимы болтами прикрепляются к корпусу мельницы.

Мельницы имеют приводы различных конструктивных и компоновочных (правое, левое) исполнений. Синхронный электродвигатель главного привода работает при напряжении 10 и 6 кВ.

Смазка главных редукторов привода – жидкостная, смазывание – циркуляционное; смазка редукторов вспомогательных приводов – жидкостная.

Вода, вводимая в мельницу путем впрыска с помощью специальной установки, предназначена для понижения температуры цемента и снятия с его частиц электрического заряда, получаемого в процессе истирающего воздействия на них мелющих тел и бронфутеровочных плит. Это позволяет повысить эффективность помола, производительность мельниц.

При мокром помоле сырья готовый шлам, вытекающий из мельниц, поступает в приемное устройство установки шламовых насосов, которые перекачивают его в бассейны шламовых смесителей.

При помоле клинкера с добавками готовый материал - цемент просеивается через разгрузочное сито 18 и поступает по течке 17 для дальнейшего транспортирования в приемное устройство пневмокаменного или пневмовинтового насоса. В этом случае производится аспирация мельниц через патрубок 13 для устранения пыления, отбора теплоты и непрерывного удаления из камер помола готового продукта. Аспирационная система включает аспирационную шахту, циклоны, рукавный фильтр или электрофильтр, дымосос, устройства для сбора и транспортирования уловленного цемента.

Мельницы изготавливает ПО „Волгоцеммаш”.

4.2. Мельницы для мокрого самоизмельчения сырьевых материалов

Мельницы ММС-70-23 и ММС-50-23 для мокрого самоизмельчения сырьевых материалов типа „ Гидрофол ” (табл. 4.3) разработаны для мокрого измельчения руд черных и цветных металлов на обогатительных фабриках. Затем они нашли применение в технологических линиях производства цемента мокрым способом для предварительного измельчения мягких пластичных сырьевых материалов (глины, мела, лесса) с домолом в крупных мельницах.

Технологическое назначение мельниц типа „ Гидрофол ” такое же, как и глиноболтушек, вместо которых они в последнее время все чаще используются на цементных заводах. Мельницы аналогичны по конструктивным решениям и отличаются только размерами.

Подлежащий измельчению материал подается ленточным конвейером или питателем в загрузочную откатную тещку 1 мельницы (рис. 4.3), откуда он ссыпается в полую загрузочную цапфу 2, оснащенную трубошнеком, при помощи которого материал транспортируется внутри цапфы в барабан мельницы. Необходимая для мокрого помола вода подается в мельницу также через загрузочную тещку 1.

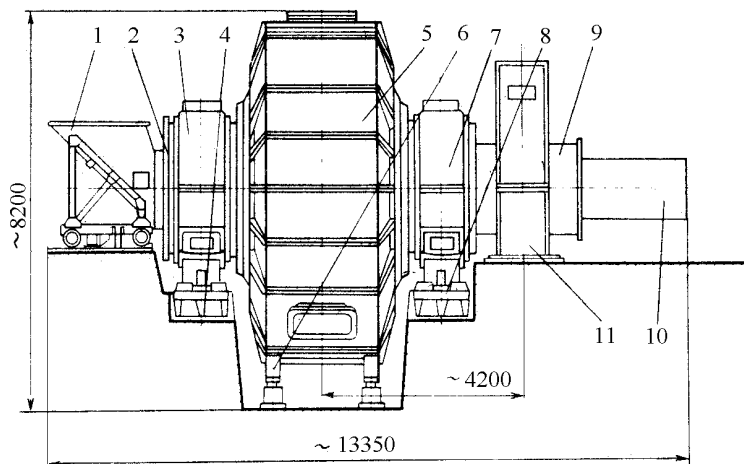


Рис. 4.3. Мельница ММС-70-23 типа "Гидрофол" для мокрого самоизмельчения сырьевых материалов

Таблица 4.3

Техническая характеристика мельниц типа „ Гидрофол ”

Параметры	MMC-70-23	MMC-50-23
Максимальная производительность, т/ч	400	240
Размеры барабана в „свету ” без футеровки, м: диаметр длина	7 2,3	5 2,3
Полный объем рабочей камеры, м ³	80	36,5
Частота вращения мельницы, об/мин	13	15,5
Наибольшая крупность загружаемых кусков, мм	400	400
Коэффициент: загрузки материалом мельющими телами	0,45 0,04	0,45 0,04
Мощность главного электродвигателя, кВт	1600	630
Масса (без электрооборудования и мельющих тел), т	410	200

На внутренней поверхности цилиндрической части барабана 5 закреплены бронеплиты и лифтеры, выполненные из износостойкой стали. Материал под действием центробежных сил, возникающих при вращении барабана 5, и с помощью лифтеров поднимается на значительную высоту, откуда падает вниз, измельчаясь при этом в результате удара и истирания о слой материала, который в это время находится на нижней части барабана, а также о бронефутеровочные плиты и лифтеры. Для повышения эффективности помола в мельницы загружаются в небольшом количестве мелющие тела (стальные шары диаметром 80-100 мм). Торцевые стенки барабана имеют конусную форму. Снаружи они оснащены отдельными радиальными ребрами, а изнутри отфутерованы бронефутеровочными плитами из износостойкой стали. Со стороны разгрузки рабочее пространство барабана в месте примыкания его к разгрузочной цапфе ограничено вертикальной перегородкой с концентрически расположенными коническими отверстиями для

пропуска готового материала. Полученная пульпа выдается из мельницы через полую разгрузочную цапфу 9 и закрепленную на ее продолжении разгрузочную трубу 10. Только от 20 до 40 % выдаваемого мельницей измельченного продукта является готовым, для домола он направляется в трубные мельницы.

Установка на тракте транспортирования измельченного материала от мельницы типа „Гидрофол” к трубным мельницам гидроклассификатора, при помощи которого из пульпы можно выделить готовый продукт, позволяет существенно уменьшить количество материала, направленного на домол в трубные мельницы, и при этом повысить их производительность.

На фундаментные рамы 4 и 8 мельница опирается через цапфовые подшипники скольжения, заключенные в корпуса 3 и 7; для компенсации возможных неточностей монтажа, неравномерной посадки фундаментов под опорами, деформации корпуса мельницы вкладыш цапфовых подшипников устанавливается на сферических опорах.

Привод 11 мельницы – периферийный с зубчатым венцом, закрепленным на консоли разгрузочной цапфы; в зацепление с ним входит подвенцовая шестерня, которая получает вращение от электродвигателя через редуктор. Для проворачивания мельницы на небольшой скорости при ремонтах и футеровочных работах предусмотрен вспомогательный привод с электродвигателем и редуктором, тихоходный вал которого соединен муфтой с быстроходным валом главного редуктора. Нормально эта муфта отключена и включается лишь при работе вспомогательного привода. Главный электродвигатель в этих условиях не работает.

Смазка цапфовых подшипников и редуктора главного привода – жидкостная, смазывание – циркуляционное.

Для подъема корпуса мельницы при ремонтах предусмотрены гидравлические домкраты 6.

На цементных заводах наибольшее распространение получила мельница ММС – 70 – 23.

Производительность мельниц зависит от размалываемого материала, наличия в нем трудно измельчаемых включений, влажности пульпы и других сопутствующих факторов.

Мельницы изготовляет Сызранский турбинный завод.

4.3. Вертикальные тарельчато-роликовые мельницы

Вертикальные тарельчато-роликовые мельницы СММ-97, СММ-164 (табл. 4.4) производительностью соответственно 250...300, 150...200 т/ч разработаны ВНИИцеммашем. Их производство осваивает ПО "Волгоцеммаш".

Тарельчато-роликовая мельница (рис. 4.4) имеет вращающуюся в горизонтальной плоскости чашу (тарелку), к которой с определенным усилием поджаты размольные ролики. Чаша приводится во вращение с помощью электродвигателя через специальный редуктор, входящий в опорно-приводное устройство 5. На центральную часть чаши подается размалываемый материал, который затем попадает под размольные ролики; ими материал раздавливается и выжимается на периферию чаши, чему также способствуют центробежные силы, возникающие при ее вращении.

По наружной окружности чаши расположено сопловое устройство; через него с большой скоростью продувается сушильный газ, потоком которого размолотый материал подхватывается и поднимается вверх, попадая при этом в сепаратор 2, встроенный в корпус 1 мельницы. Одновременно материал подсушивается.

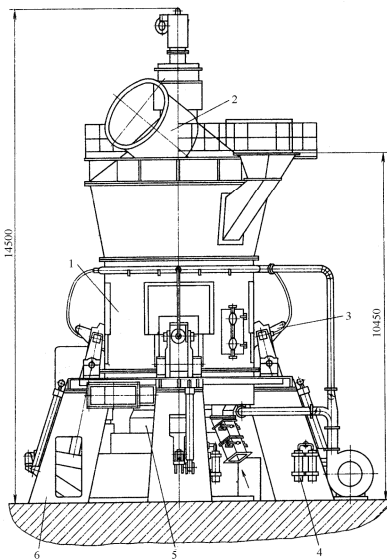


Рис.4.4. Вертикальная тарельчато-роликовая мельница СММ-164

Сепаратор оснащен лопастным ротором, при вращении которого частицы материала под действием центробежных сил и при столкновении с лопастями меняют направление, при этом наиболее крупные частицы утрачивают способность дальнейшего подъема вверх, выпадают из потока вниз и возвращаются обратно на размольную тарелку, где происходит их домол; мелкие фракции материала – готовый продукт – уносятся с отходящими газами и осаждаются затем в циклонах и электрофилтре.

Лопастный ротор сепаратора приводится в движение от электродвигателя с регулируемой частотой вращения; это позволяет изменять частоту вращения ротора и получать различную степень помола материала.

Инородные недробимые предметы и крупные куски материала, которые не могут быть транспортированы газовым потоком из-за их большой массы, выпадают через периферийные воздушные сопла тарелки в газопроводящий короб, из которого периодически удаляются.

В приводе размольной тарелки применен двухступенчатый редуктор. В верхней части редуктора смонтирована неподвижная опорная шайба, которая является основой для упорного подшипника скольжения; он состоит из 12 секций, каждая из которых опирается на шайбу через самоустанавливающиеся сферические опоры. Размольная тарелка опирается на этот подшипник.

Главный электродвигатель установлен на подшипнике на фундаментной раме. Соединение с опорно-приводным устройством осуществляется через муфту.

Смазывание опорно-приводного устройства осуществляется от двух смазочных станций (одна – для смазывания редуктора, вторая – для смазывания и охлаждения опорного подшипника скольжения; эта станция оснащена также насосами высокого давления, которые включаются при работе мельницы на вспомогательном приводе и при пусках и остановках, т. е. в переходных режимах).

Сопловое устройство размещено по периметру размольной тарелки; через него в зону помола и сушки подается сушильный газ. Устройство выполнено в виде кольцевой крыльчатки, лопасти которой скошены под углом 30^0 к вертикали для закрутки потока газов в мельнице.

Основные рабочие элементы мельницы – размольные валки; при прохождении между вращающейся тарелкой и валками происходит измельчение и помол материала.

Корпус каждого валка установлен на подшипниках качения на оси, другой конец которой закреплен в опоре валка. Валки работают при больших нагрузках, повышенной температуре, в абразивной, сильно запыленной среде. Рабочая поверхность валков, подвергающаяся интенсивному изнашиванию, выполнена из съемных секторов, прикрепляемых к корпусу с помощью клиньев. Секторы отлиты из износостойкого высоколегированного чугуна.

Опоры размалывающих валков шарнирно установлены на прижимной раме 3, которая, в свою очередь, с помощью шарнирных тяг соединена с натяжными штангами; через них прижимное усилие от гидроцилиндров передается на прижимную раму и размалывающие валки.

Система прижатия валков – гидравлическая, она состоит из масляной станции, гидроаппаратуры 4, трех гидроцилиндров, каждый из которых оснащен поршневым гидроаккумулятором. Насосы гидравлической системы могут развивать давление до 32 МПа, диаметр гидроцилиндров 360 мм, ход 500 мм.

Рабочее давление в системе прижима валков устанавливается в зависимости от физико-механических свойств размалываемого материала.

Сепаратор 2, размещенный в верхней части мельницы, состоит из корпуса и ротора привода.

Корпус 1 мельницы выполнен сварным. В его верхней части через 120 установлены направляющие для фиксации натяжной рамы и восприятия окружных усилий, возникающих при помоле.

В местах расположения размалывающих валков в корпусе предусмотрены люки для осмотра и обслуживания валков, для ремонтных работ. Основание 6 мельницы установлено на фундаментную раму. В его нижней части размещено опорно-приводное устройство.

Технические характеристики для вертикальных тарельчато – роликовых мельниц приведены в таблице 4.4.

Техническая характеристика вертикальных тарельчато-роликовых мельниц

Параметры	СММ-97	СММ164
Производительность, т/ч	300	200
Диаметр размольной тарелки, мм	4150	2800
Количество размольных валков, шт	3	4
Рабочая частота вращения размольной тарелки, об/мин	22,7	31
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	2500	2000
Габаритные размеры, м:		
высота	23,6	1405
ширина	8,8	937
длина	11,3	10,6
Масса, т	700	400

4.4. Агрегаты для помола клинкера с добавками

Агрегаты **СММ-154** и **СММ-154.1** предназначены для помола клинкера с добавками в замкнутом цикле с целью получения цемента высокой степени измельчения (с удельной поверхностью 3000...3200 см²/г и выше). Их можно применять в технологических линиях производства цемента сухим и мокрым способами.

В состав агрегата **СММ-154.1** (рис. 4.5) входят: мельница 5 размером 4х13,5м, циклонный сепаратор 8, ковшовый элеватор 6, камерные пневматические насосы 16,21 и аэрожелоба 7,9,18, весовые дозаторы 12,13,14, дымосос 2, другое оборудование.

Принцип работы агрегата состоит в следующем. Клинкер и добавки из бункеров через весовые дозаторы 12, 13, 14 поступают на ленточный конвейер 15, по которому они загружаются в мельницу 5. Из мельницы смесь материалов - готового цемента и недо-молотой крупки – по транспортной системе, включающей аэрожелоба и элеватор, подается в циклонный сепаратор 8. Выделяемый в сепараторе цемент по системе аэрожелобов направляется в расходный бункер и затем поступает в пневмокамерный насос 16, при помощи которого цемент подается для хранения и складирования в силосы.

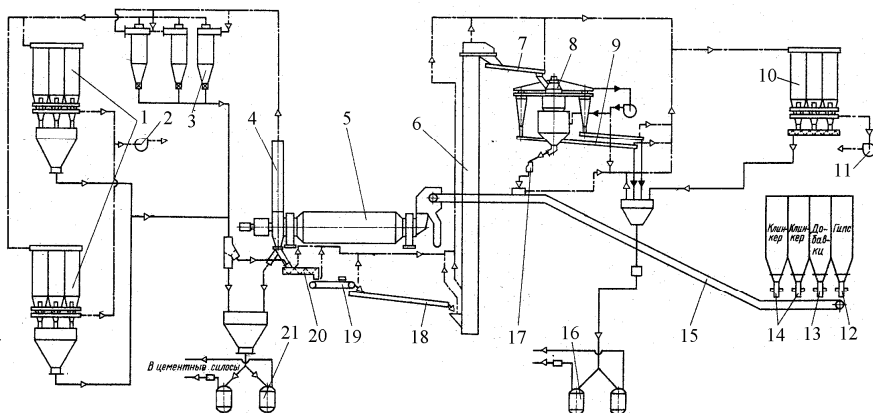


Рис. 4.5. Схема агрегата для помола клинкера с добавками, включая мельницу СММ-154.1

Недомолотый материал – крупка – из центральной камеры сепаратора через расходомер 17 направляется на загрузочный ленточный конвейер 15, по которому в смеси с исходными кусковыми материалами поступает в мельницу 5.

За мельницей установлены “успокоительный” шнек 20 для деаэрации материала, насыщенного воздухом в процессе помола, и короткий ленточный конвейер, оснащенный устройством 19 для удаления из потока материала случайных металлических включений, осколков мелющих тел, что необходимо для обеспечения надежной работы аэрожелобов и сепаратора.

Если нет необходимости в получении цемента с высокой тонкостью помола, агрегат может работать по открытому циклу, т.е. без подачи материала на сепарацию в сепаратор. Для этого в зоне разгрузки мельницы установлена двухсторонняя течка с перекидным клапаном.

Аспирационный воздух, выходящий из мельницы, подвергается трехступенчатой очистке от содержащегося в нем цемента: в аспирационной шахте 4, батарее циклонов 3 и в фильтрах 1, 10.

Для аспирации аэрожелобов, элеватора, мест пересыпки материала предусмотрен отдельный рукавный фильтр.

Кратность циркуляции материала в системе при работе агрегата по замкнутому циклу принимается равной 4...6. С учетом этого и рассчитывают производительность транспортирующих систем.

В агрегате СММ-154 предусмотрено механическое транспортирование готового цемента.

Производительность агрегатов 100 т/ч.

Агрегаты изготавливает ПО “Волгоцеммаш”. Технические данные приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5

**Техническая характеристика агрегатов
для помола клинкера с добавками**

Параметры	СММ-154	СММ-154.1
Мощность электродвигателей, кВт	4150	4000
Удельный расход электроэнергии на помол, кВт·ч/т	40	38,5
Масса, т	560	570

**4.5. Методика технологического расчета
помольного оборудования**

В качестве помольных установок в промышленности строительных материалов чаще всего используют барабанные мельницы непрерывного действия. В зависимости от отношения длины барабана (L) к его диаметру (D) они подразделяются на шаровые (L/D до 2) и трубные (L/D = 3...6).

При технологическом расчёте мельниц помола вначале подбирают мельницу по табл. 4.2, 4.3 и 4.5 в зависимости от заданной производительности, затем выполняют необходимые расчёты. Для этого рассчитывают производительность мельницы с учётом всех заданных параметров по формуле

$$Q = 6.45 \cdot V \cdot \sqrt{D} \cdot \left(\frac{m}{V} \right)^{0.8} \cdot q \cdot k_n \cdot k_m,$$

где V – полезный объём мельницы, м³; D – внутренний диаметр мельницы, м; m – масса мелющих тел, т; q – удельная производи-

тельность мельницы, т/кВт·ч (определяется по табл. 3.6); k_n – поправочный коэффициент на тонкость помола (определяется по табл. 3.7); k_m – коэффициент использования мощности, равным 0,9.

Таблица 4.6

**Удельная производительность мельниц
(в т/кВт·ч. полезной мощности)**

Материал	Помол по мокрому способу	Помол по сухому способу
Клинкер вращающихся печей	-	0,036-0,044
Гранулированный доменный шлак	-	0,035-0,04
Песок кварцевый	-	0,024-0,028
Трепел, опока	-	0,05-0,06
Смесь известняка и глины с сопротивлением размолу:		
высоким	0,05-0,07	0,05-0,06
средним	0,07-0,09	0,07-0,08
низким	0,1-0,15	0,08-0,1

Массу мелющих тел рассчитывают по формуле

$$m = V \cdot \varphi \cdot \rho_{\text{нас.}}$$

где m – масса мелющих тел, т; V – полезный объем мельницы, м^3 ; φ – коэффициент заполнения объема мельницы мелющими телами, принимается от 0,25 до 0,32 (25-32%); $\rho_{\text{нас.}}$ – насыпная плотность мелющих тел, т/м^3 .

По соответствующим справочникам в зависимости от значения Q выбирают мельницу помола таким образом, чтобы номинальная производительность была несколько выше расчетной.

Таблица 4.7

Значения поправочного коэффициента на тонкость помола

Остаток на сите 008, %	k_p
15	1,21
10	1,0
5	0,8
2	0,59

4.6. Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику помола в зависимости от крупности конечного продукта.
2. Опишите открытый и замкнутый циклы помола. Приведите принципиальные схемы.
3. Перечислите оборудование для открытого цикла помола сырьевых материалов.
4. Перечислите оборудование для замкнутого цикла помола сырьевых материалов.
5. Назовите агрегаты для помола клинкера с добавками.
6. В чем сущность методики технологического расчёта и подбора помольного оборудования?

5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЦЕМЕНТА**5.1. Толкающий разгрузатель**

Толкающий разгрузатель СМЦ-144 (рис.5.1) предназначен для подачи кусковых насыпных материалов (известняка, глины и др.) в центральную разгрузочную шахту прирельсового бункера, в который разгружаются опрокидыванием железнодорожные полувагоны (думпкары), доставляющие сырье на цементные заводы. Через шахту материал поступает на систему конвейеров, по которым подается на склад сырья или непосредственно в сырьевые мельницы.

Рабочими органами разгрузателя являются сварные подвижные, открытые сверху и спереди ковши 2, 3 (рис. 5.1), которые при работе перемещаются навстречу друг другу. Ковши размещены в

прирельсовом бункере и опираются на его верхние кромки с помощью кронштейнов со сменными чугунными башмаками.

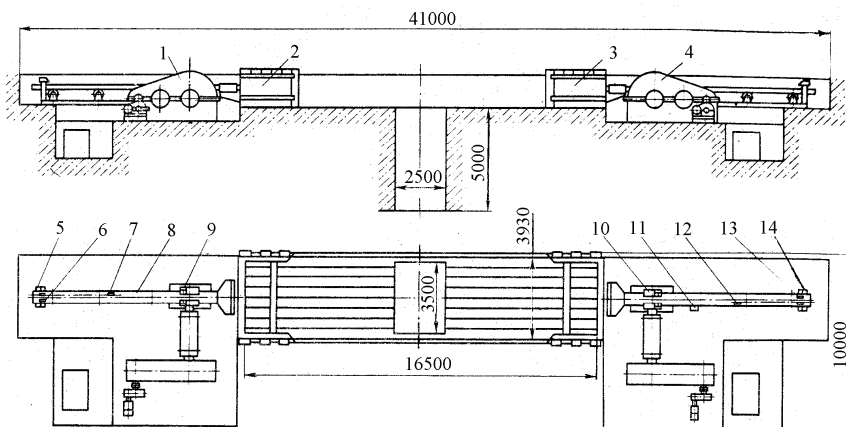


Рис. 5.1. Толкающий разгрузатель СМЦ-144:

1, 4 – привод (левый, правый); 2, 3 – ковш; 5, 9, 10, 11, 14 – конечные выключатели; 6, 13 – неподвижные упоры; 7, 12 – подвижные упоры; 8 – рейки ковшей

В нижней части ковшей имеются направляющие для предотвращения от бокового смещения.

Бункер футерован изнутри стальными плитами, в центре его размещена разгрузочная шахта.

К каждому ковшу шарнирно прикреплена зубчатая рейка 8, которая поддерживается опорными роликами и входит в зацепление с приводной шестерней, получающей вращение от электромеханического привода. Привод (левый 1 и правый 4) состоит из электродвигателя, двух редукторов – малого и основного, промежуточного соединения. Между редукторами смонтирована предохранительная муфта, которая срабатывает при перегрузках, что предотвращает от поломки привод, рейку и ковш.

В корпуса подшипников приводной шестерни встроены направляющие для рейки. С целью предотвращения примерзания материала к стенкам бункера и ковшей в зимнее время предусмотрена возможность их электро- или водообогрева. Для смазывания главного редуктора применена жидкостная станция. Зацепление пары

рейка – шестерня смазывают маслом, которое заливается в корпус шестерни.

Работа толкающего разгрузателя заключается в следующем. В исходном положении ковши разгрузателя разведены в противоположные стороны прирельсового бункера. После того как один или несколько полувагонов (в зависимости от их грузоподъемности и плотности сырья) разгрузятся в бункер и одновременно в ковши разгрузателя, включается в движение один из ковшей, который начинает перемещать, толкать материал к середине бункера – разгрузочной шахте. Второй ковш включается в работу после того, как первый переместится на 2,5...7 м. Это перемещение зависит от конкретных условий разгрузки на том или ином цементном заводе и регулируется перестановкой упора, смонтированного на рейке и действующего на неподвижно установленный конечный выключатель, при срабатывании которого и включается привод второго ковша. Дойдя до середины бункера и разгрузочной шахты, ковши возвращаются в исходное положение за счет реверса электродвигателей приводов; затем цикл повторяется.

Технические параметры толкающего разгрузателя приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

**Техническая характеристика толкающего
разгрузателя СМЦ-144**

Наименование параметров	Величина
Производительность при наибольшей загрузке, т/ч	900
Вместимость ковша, м ³	4,75
Скорость движения ковшей, м/с	0,04
Ход ковша	7
Мощность электродвигателя привода, кВт	37
Габаритные размеры, м:	
длина	6
ширина	9
высота	1,4
Масса, т	135

Толкающие разгрузатели выпускает ПО «Волгоцеммаш».

5.2. Скребковый конвейер СМЦ-127Б

Скребковый конвейер СМЦ-127Б предназначен для горизонтального транспортирования клинкера. Конвейер (рис.5.2) представляет собой закрытый металлический короб прямоугольного сечения, состоящий из отдельных последовательно соединенных секций 3 длиной 1 м, одной телескопической, одной загрузочной 2 и разгрузочной 4 секции длиной 3 м, с приводной 5 и натяжной 1 головками, расположенными на концах короба. Внутри короба движется замкнутая цепь, состоящая из литых звеньев, соединенных между собой пальцами. Цепь является тяговым и рабочим органом.

Нижняя рабочая ветвь цепи перемещается по дну короба, футерованному для уменьшения износа. Холостая ветвь цепи перемещается в верхней части короба по опорным роликам и верхним направляющим.

По желанию заказчика конвейера короб может быть набран с несколькими загрузочными и разгрузочными секциями. Все секции имеют съемные крышки и боковые стенки, соединенные между собой болтами. Фланцевые соединения имеют паронитовые прокладки. Крышки секций имеют люки для наблюдения за работой цепи. Внутри секции в верхней части короба расположены опорные ролики и направляющие для ограничения провисания цепи.

Оси роликов установлены в подшипниках качения, корпуса которых прикреплены к наружным стенкам секций на кронштейнах. Направляющие присоединены к корпусу болтами. Для жесткости стенки секций снаружи имеют ребра.

Для предотвращения изнашивания боковых стенок секций внутри размещены съемные плиты из стали.

Для компенсации температурных удлинений короба при транспортировании горячих материалов установлена телескопическая секция.

Приводная головка 5 представляет собой сварной закрытый кожух с фланцем для присоединения секции. Крышка кожуха съемная и имеет люк. Внутри кожуха расположены приводной вал со звездочкой и бронефутеровка для предохранения боковых стенок от испарения.

Привод состоит из электродвигателя 6 и редуктора 7, соединенных муфтой.

Натяжение осуществляется перемещением корпусов подшипников с валом и блоками в пазах кожуха при помощи грузового натяжного устройства с обязательной фиксацией с помощью вставок.

Принцип действия конвейера состоит в следующем. Материал, попадая через загрузочный патрубок в короб, падает на его дно, где захватывается движущейся цепью и перемещается к разгрузочному отверстию. Материал движется сплошным слоем высотой около 200 мм.

Конвейеры изготавливает ПО “Стромоборудование”.

Техническая характеристика приводится в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Техническая характеристика конвейера СМЦ-127Б

Наименование параметров	Величина
Производительность (ограничивается тяговым усилием), т/ч	До 150
Тяговое усилие на рабочей нижней ветви цепи, кН	До 150
Допускаемая длина конвейера по осям приводной звездочки и натяжного барабана, м	6...80
Установленная мощность привода конвейера, кВт	17...55
Скорость движения цепи конвейера, м/с	0,27...0,3
Требования к перемещаемому материалу (цементному клинкеру): размер кусков, мм, не более температура, С, не более	100 200
Масса конвейера (длиной 80 м), т	90

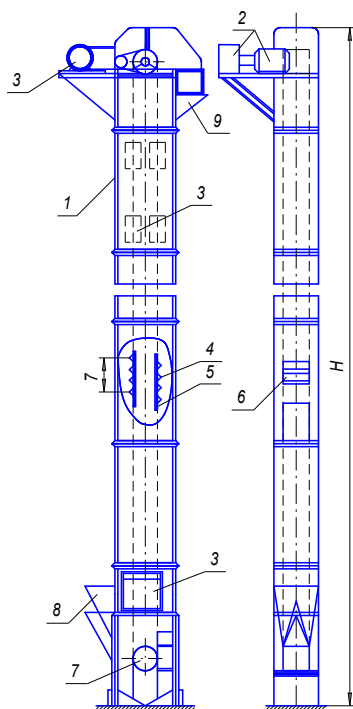


Рис. 5.3. Элеватор ковшовый ленточный типа ЭЛ:

1 – секция кожуха; 2 – привод;
3 – люк для осмотра рабочего органа; 4 – ковш; 5 – лента;
6 – направляющий щит; 7 – натяжное устройство; 8 – загрузочный носок; 9 – разгрузочный носок

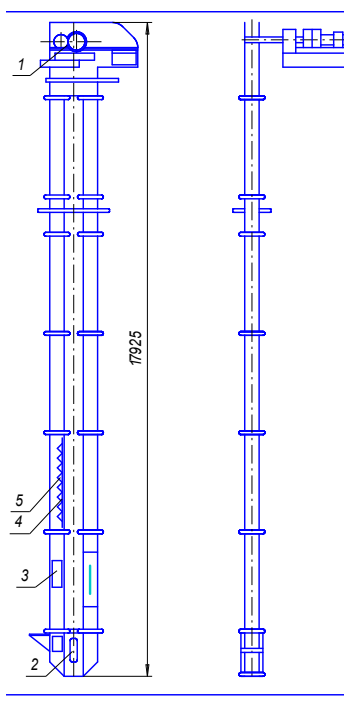


Рис. 5.4. Элеватор ковшовый вертикальный ленточный типа Т-194

Нормальные секции (1) средней части элеватора (кожуха) производятся стандартных размеров. При заданной общей высоте H , некратной высоте нормальной секции, разность компенсируется укорочением одной типовой секции до нужного размера.

Для осмотра и ремонта тягового органа в секциях средней части предусмотрены боковые и торцовые люки (3). Секции с люками устанавливают в местах, удобных для обслуживания.

Для предохранения рабочего органа элеватора от раскачивания во время работы внутри трубы устанавливают направляющие

щиты (6) (дефлекторы); обычно при высоте элеватора от 10 до 15 м устанавливают два комплекта щитов.

Элеваторы ЭЛ имеют два исполнения: с глубокими ковшами (Г) – для сухих, хорошо высыпающихся материалов и с мелкими ковшами (М) – для влажных и слеживающихся материалов.

В соответствии с типом ковшей элеваторы обозначаются: “ЭЛГ” либо “ЭЛМ”. Техническая характеристика представлена в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Техническая характеристика

Типоразмеры	Способ разгрузки	Расположение ковшей	Тип ковша	Ширина ковша, мм	Ёмкость ковша, л	Шаг ковшей, мм	Скорость движения ковшей, м/с	Производительность, м ³ /ч	Ширина ленты или ремня, мм
ЭЛГ-160 ЭЛГ-200 ЭЛГ-250 ЭЛГ-350 ЭЛГ-450	Центробежно-самотечный	С расставленными ковшами	С цилиндрическим днищем	Глубокие	160	1,1	300	1,0-1,6	200
					200	2,0	300		250
					250	3,2	400		300
					350	7,8	500		400
					450	14,5	600		500
ЭЛМ-160 ЭЛМ-250 ЭЛМ-350 ЭЛМ-450			С цилиндрическим днищем	Мелкие	160	0,65	300	1,0-1,6	200
					250	2,6	400		300
					350	7,0	500		400
					450	15,0	600		500

Заводы-изготовители: Карагандинский завод угольного машиностроения им. Пархоменко Западно-Казахстанского совнархоза, Лисичанский литейно-механический завод Донецкого совнархоза, Белохолуницкий машиностроительный завод Волго-Вятского совнархоза и Ясиноватский машиностроительный завод Донецкого совнархоза.

Элеватор ЭЛГ-200 изготавливается также Кохомским заводом «Строммашина» Верхне-Волжского совнархоза.

Широкое применение получили ковшовые вертикальные ленточные элеваторы Т-194 (рис. 5.4), предназначенные для вертикального перемещения сухих сыпучих материалов: цемента, извести, гипса, зерна и других нелипких материалов, имеющих объемный вес не более $1,5 \text{ т/м}^3$.

Элеватор состоит из верхней – приводной головки 1, натяжной станции 2 (башмака), соединенных двумя металлическими кожухами-трубами 3 (рабочая и холостая ветви заключены каждая в свой кожух-трубу), и бесконечной ленты 4 с укрепленными на ней ковшами 5.

Таблица 5.4

Техническая характеристика

Наименование параметров	Величина
Производительность по цементу, т/ч	8,0
Высота подъема (максимальная), м	17,1
Скорость движения ковшей, м/с	1,25
Емкость ковша, л	0,75
Ширина ковша, мм	135
Шаг ковшей, мм	300
Ширина ленты, мм	150
Количество прокладок в ленте, шт	5
Электродвигатель:	
тип	АО41-4
мощность, кВт	1,7
скорость вращения, об/мин	1420
Тип редуктора	РМ-250-IV-1Ц
Габаритные размеры, мм:	
высота	17925
ширина	1365
длина	1013

Завод-изготовитель – Кохомский завод «Строммашина» Верхне-Волжского совнархоза.

5.4. Элеваторы ковшовые вертикальные цепные

Ковшовые вертикальные одноцепные элеваторы ЭЦГ, ЭЦМ, ЭЦО и двухцепные Э2ЦО (рис. 5.5) стационарные транспортные устройства служат для вертикального перемещения порошкообразных, зернистых и мелкокусковых сыпучих материалов.

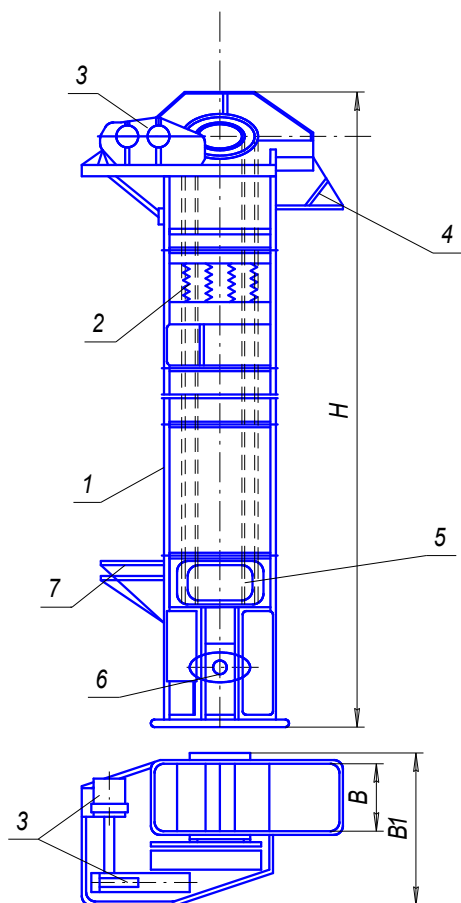


Рис. 5.5. Элеватор ковшовый двухцепной Э2ЦО-350 (ЦБ-350):
1 – кожух; 2 – ковш; 3 – привод; 4 – разгрузочный носок; 5 – смотровой
люк; 6 – натяжное устройство; 7 – загрузочный носок

Рабочим органом элеватора являются ковши 2, жестко прикрепленные к тяговому органу – бесконечной цепи.

Ковши для элеваторов изготавливают следующих типов:

Тип Г – глубокие, для сухих, хорошо высыпающихся материалов.

Тип М – мелкие, для влажных и слеживающихся материалов.

Тип О – остроугольные, для кусковых, абразивных и хрупких материалов.

Тяговые цепи с ковшами по всей высоте элеватора заключены в плотный металлический кожух 1 (трубу), который изолирует рабочий орган от внешней среды и препятствует просыпанию материала и запылению.

В верхней части элеватора (головке), снабженной разгрузочным наклонным носком 4, расположена приводная станция элеватора, в нижней части (башмаке) – натяжная станция 6 и загрузочный носок.

Транспортируемый материал из точки, бункера или другого загрузочного устройства через загрузочный носок поступает частично в ковши и частично на днище башмака, откуда зачерпывается ковшами и транспортируется вверх.

Тип элеватора выбирается в зависимости от свойства транспортируемого материала, высоты транспортирования и требуемой производительности. Техническая характеристика приведена в табл. 5.5.

Заводы-изготовители: Карагандинский завод угольного машиностроения им. Пархоменко Западно-Казахстанского совнархоза (элеваторы ЭЦГ, ЭЦМ и Э2ЦО-450). Аналогичные элеваторы выпускает также Лисичанский литейно-механический завод Донецкого совнархоза. Элеваторы ЭЦО-250 (ЦУ-250), Э2ЦО-350 (ЦБ-350) и Э2ЦО-450 (ЦБ-450) выпускает Белохолуницкий машиностроительный завод Волго-Вятского совнархоза. Элеваторы ЭЦО-250 (ЦУ-250) и Э2ЦО-350 (ЦБ-350) также изготавливаются Верхне-Уфалейским металлургическим заводом Южно-Уральского совнархоза.

Таблица 5.5

Техническая характеристика

Типоразмеры	Количество цепей	Способ разгрузки	Расположение ковшей	Тип ковша	Ширина ковша, мм	Ёмкость ковша, л	Шаг ковшей, мм	Скорость движения ковшей, м/с	Производительность, м ³ /ч	Шаг цепи, мм
ЭЦГ-160 ЭЦГ-250 ЭЦГ-350	Одноцепные	Центробежно-самотечный	С расставленными ковшами	С цилиндрическим днищем	160 250 350	1,1 3,2 7,8	400 400 500	0,8-1,25	6,6-16 18,4-29,4 30-57,8	100 100 125
ЭЦМ-160 ЭЦМ-250 ЭЦМ-350				Мелкие	160 250 350	0,65 2,6 7,0	400 400 500	0,8-1,25	3,2-7,1 12-18 25,8-38,7	100 100 125
ЭЦО-250 (ЦУ-250) Э2ЦО-350 (ЦБ-350)	Двухцепные	Самотечный	С сомкнутыми ковшами	Остроугольные трапецеидальные	250 350	3,6 10,3	200 250	0,5 0,4	22,3 50,0	300 250
Э2ЦО-450 (ЦБ-450) Э2ЦО-450				Остроугольные с бортовыми направляющими	450 450	22,4 16,0	320 320	0,4 0,4	85,0 50-70	320 320

Ковшовый элеватор СМЦ-130А предназначен для вертикального транспортирования сыпучих и мелкокусковых материалов; состоит из башмака 1, шахты 2, тягового органа 3, приводной головки 4 и привода 5.

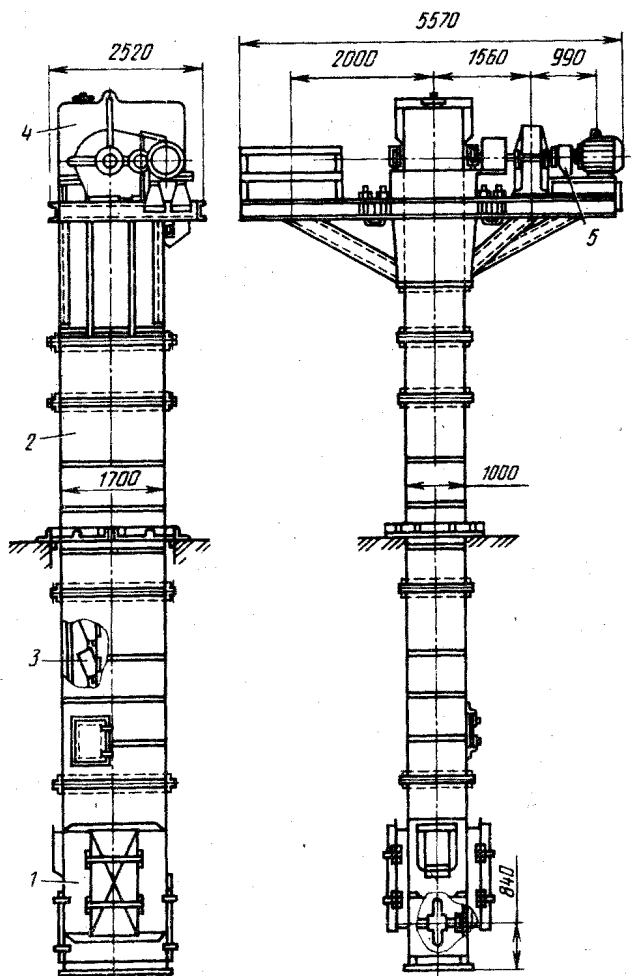


Рис.5.6. Ковшовый элеватор СМЦ-130А

Башмак 1 представляет собой сварную из уголкового и листового проката металлоконструкцию. На внутренних поверхностях

боковых стенок установлены направляющие, в которых свободно перемещается вверх и вниз рама. В нижней части рамы смонтированы подшипники скольжения, в них размещен натяжной вал в сборе. В верхней части рамы расположен балласт натяжения цепи. Свободный ход рамы ограничивается в направлении вниз упорами, в направлении вверх – ограничителем.

Для удобства монтажа и демонтажа, а также ремонтных работ на стенках башмака предусмотрены съемные дверки.

Шахта 2 состоит из металлических секций, соединенных между собой болтами. Между торцами секций проложен герметик. Надежная затяжка болтов и наличие герметика способствуют герметичности соединения секций. Имеются специальные секции с дверью для выполнения ремонтных работ.

Тяговый орган 3 состоит из тяговой цепи и прикрепленных к ней болтами ковшей. Ковш изготовлен из конструкционной листовой стали. Для увеличения срока службы на заборную кромку ковша направлен твердый сплав.

Приводная головка 4 представляет собой сварную металлоконструкцию, состоящую из корпуса и двух крышек. Корпус и крышки стыкуются между собой и по фланцам болтами.

Приводной вал размещен в подшипниках. Подшипники смонтированы в корпусах, прикрепленных на приводной головке. Приводной вал через зубчатую муфту соединяется с валом редуктора.

Привод 5 состоит из рамы, редуктора, электродвигателя, втулочнопальцевой муфты с храповым остановом, зубчатой муфты и предохранительных кожухов.

Принцип действия элеватора заключается в следующем. Приводной вал, получивший вращение от электромеханического привода, приводит в движение замкнутую тяговую цепь с ковшами, смонтированную на блоке приводного и звездочке натяжного валов. Транспортируемый материал поступает в элеватор через загрузочную течку в башмаке. Ковши заполняются при пересечении с потоком загружаемого материала.

При огибании цепи с ковшами блока приводного вала материал разгружается из ковшей в разгрузочное отверстие нижней части приводной головки. Таким образом материал транспортируется на необходимую высоту.

Элеваторы изготавливает ПО “Стромоборудование”.

Техническая характеристика элеватора СМЦ-130А

Наименование показателей	Значение
Производительность, м ³ /ч	400...550
Высота подъема материала, м	26...32
Шаг установки ковшей, мм	356
Вместимость ковша, л	25...35
Шаг тяговой цепи, мм	178
Скорость движения цепи, м/с	1,76
Требования к перемещаемому материалу:	
размер кусков, мм, не более	50
температура, С, не более	150
Мощность электродвигателя привода, кВт	75

5.5. Контрольные вопросы

1. Перечислите оборудование для транспортировки сыпучих сырьевых материалов.
2. Назовите оборудование для транспортировки цемента.
3. Опишите принцип работы элеваторов и применение их в технологии строительных материалов.
4. Каковы критерии выбора оборудования для транспортировки материалов?

6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗДУШНОЙ СЕПАРАЦИИ ПРОДУКТОВ ПОМОЛА**6.1. Общие сведения**

В промышленности строительных материалов воздушные сепараторы широко применяют в помольных установках, работающих по замкнутому циклу, при производстве гипса, извести, цемента и других материалов, т.е. при сортировке сухих порошкообразных материалов, когда из общей массы смеси требуется выделить тонкий продукт, размер частиц в котором не превышает 1 мм, и применять грохоты экономически нецелесообразно.

Воздушной сепарацией называется разделение сыпучих материалов в воздушном или газовом потоке на фракции по величине частиц.

Применение воздушных сепараторов улучшает технологические свойства измельченных материалов за счет получения порошков с равномерным гранулометрическим составом, повышает производительность помольных агрегатов и снижает удельные энергозатраты.

6.2. Конструкции воздушных сепараторов

По технологическим признакам воздушные сепараторы подразделяются на две группы: проходные и циркуляционные.

Проходные сепараторы (рис.6.1) принимают исходный материал в виде аэросмеси, а тонкий продукт вместе с воздухом или газом отводится в пылесадительные устройства – циклоны и фильтры. Данные сепараторы не применяются в цементной промышленности. Главным их недостатком является повышенное энергопотребление на пневмотранспорт материала из мельницы в сепаратор.

В сепараторах проходного типа используются противоточная центробежная зона (рис 6.2) и вертикально-поточная гравитационная зона (рис. 6.3).

Отличительной особенностью циркуляционных сепараторов (рис.6.4) является то, что вентилятор, распылитель для образования пылевоздушной смеси, сепарирующие и пылесадочные устройства объединены в одном агрегате. Исходный материал подается в сепаратор механическим путем.

Циркуляционные сепараторы по сравнению с проходным имеют в 2-4 раза меньше энергопотребление, более удобны и у них более высокая точность разделения фракций смеси. Эти преимущества способствовали широкому распространению циркуляционных сепараторов в высокопроизводительных установках промышленности строительных материалов, в частности при производстве цемента и при обогащении природных ископаемых. В циркуляционных сепараторах использованы вертикально-поточная гравитационная (рис.6.3), центробежная поперечно-поточная (рис.6.5) и циклонная зоны разделения (рис.6.6)

6.3. Устройство и принцип работы

В проходных сепараторах (рис.6.1) воздух с исходным материалом поступает по патрубку 1 в корпус сепаратора 2. Вследствие расширения канала, в котором движется смесь, скорость потока падает и крупные частицы выпадают из смеси под действием силы тяжести. Мелкие частицы проходят вместе с воздухом по направляющим лопаткам 4 во внутренний конус 3, где поток закручивается и из него выпадают частицы средней крупности в результате воздействия на них центробежных сил. Крупные частицы отводятся из сепаратора по патрубкам 6, а мелкие выносятся по трубе 5 в осадитель. Граница разделения регулируется дросселированием входящего потока или путем изменения угла поворота лопаток 4. Недостатком сепараторов является повышенный расход сжатого воздуха. Такие сепараторы рационально применять в установках, где сжатый воздух используется как рабочее тело (в системах пневмотранспорта). Наша промышленность выпускает проходные сепараторы диаметром от 2,5 до 5,5 м, с пропускной способностью по воздуху 20-30 тыс. м³/ч.

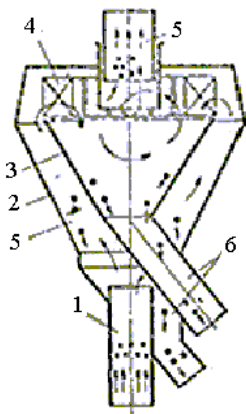


Рис. 6.1. Схема проходного сепаратора:

- 1 – патрубок-материалопровод;
- 2,3 – коническая часть;
- 4 – направляющие лопатки;
- 5 – труба выхода частиц;
- 6 – труба продуктоотводящая

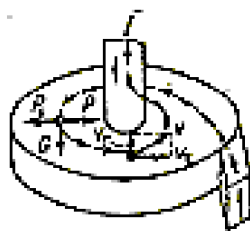


Рис. 6.2. Схема противоточной центробежной зоны

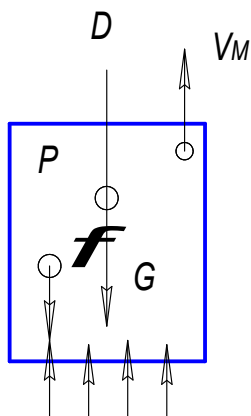


Рис. 6.3. Схема вертикально-поточной гравитационной зоны

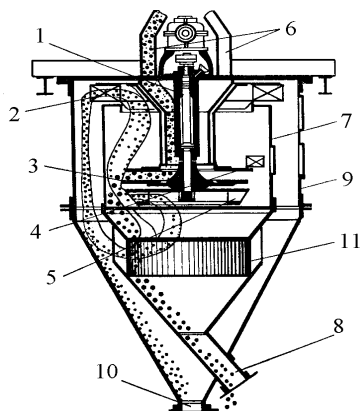


Рис. 6.4. Схема циркуляционного сепаратора

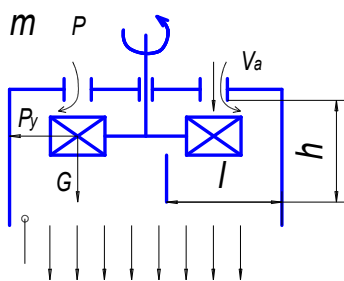


Рис. 6.5. Схема центробежной поперечно-поточной зоны

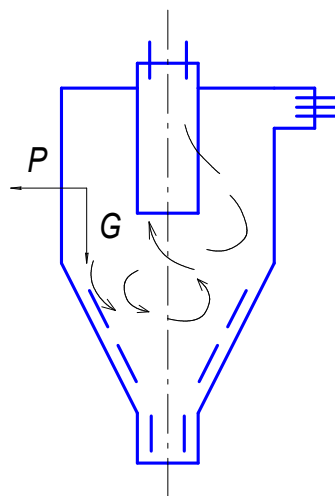


Рис. 6.6. Схема циклонной зоны

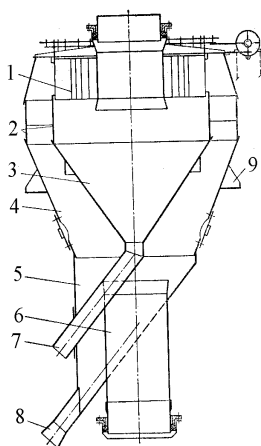


Рис. 6.7. Воздушно-проходной сепаратор:

1 – лопатка; 2 – цилиндрические части камер сепарации; 3,4 – конические части камер сепарации; 5,7,8 – течка; 6 – нижний патрубок; 9 – опорная лапа

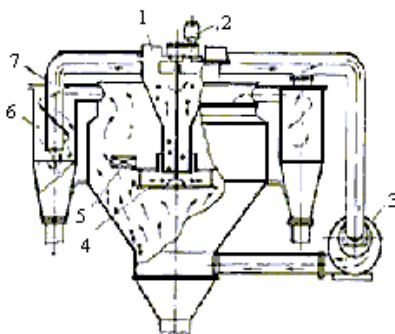


Рис. 6.8. Сепаратор с внешним вентилятором и внешними осадителями

Общий вид воздушно-проходного сепаратора представлен на рис.6.7, а техническая характеристика сепаратора диаметром 6,5 м включает следующие показатели:

Производительность, т/ч.....	65
Остаток на контрольном сите № 008 подводимого материала, %	10-12
Количество газов, проходящих через сепаратор, м ³ /ч	365·10 ³
Диаметр, мм:	
сепаратора	6500
входного патрубка.....	2600
выходного патрубка	2600
Объем сепаратора, м ³	104,3
Число направляющих лопаток	32
Угол поворота лопаток, град	±40
Габаритные размеры, м:	
высота	12,3
ширина.....	7,0
Масса, т	30,0

В циркуляционных воздушных сепараторах (рис.6.4) исходный материал поступает по патрубкам 7 и 5 на вращающийся на валу 8 диск 14, с которого сбрасывается под действием центробежной силы. Крупные частицы под действием силы тяжести падают или под действием центробежной силы отбрасываются к стенкам внутреннего корпуса 11, где теряют скорость и также сползают вниз, образуя «крупный продукт».

Вентилятор 16 и крыльчатка 13, вращаемые вместе с диском 14, засасывают воздух из нижней зоны, который пересекает материал, сбрасываемый с диска, захватывает средние и мелкие частицы и выносит их в зону вращения крыльчатки 10. В этой зоне под действием центробежных сил вращающегося потока средние частицы отбрасываются к стенкам корпуса 11 и стекают вниз в крупный продукт. Мелкие частицы вместе с воздухом проходят сквозь вентилятор 16 в пространство между наружным и внутренним корпусами, где воздух движется вниз по спирали (циклонная зона осаждения). Окружная скорость потока воздуха в этой зоне максимальная, вследствие чего имеющиеся в потоке мелкие частицы отбрасываются центробежной силой к стенкам корпуса 9, теряют скорость и стекают вниз, образуя «мелкий продукт». Воздух снова сквозь жалюзи 12 поступает во внутренний кожух, захватывая случайно попавшие в крупный продукт мелкие частицы.

Граница разделения в рассмотренном сепараторе может регулироваться изменением радиуса расположения лопаток крыльчатки 10 и угла установки лопаток жалюзи 12.

Циркуляционные сепараторы выпускаются диаметром 2,8-5 м, производительностью 10-30 т/ч (при сепарировании порошков с удельной поверхностью 4500-50000 см²/г). Удельные затраты энергии в таких сепараторах составляют 1,3-2,0 кВт·ч/т, удельная нагрузка 1,5-2,0 т/ч · м² сечения внутреннего корпуса сепаратора.

Техническая характеристика воздушно-циркуляционных центробежных сепараторов диаметром 3,2 и 5 м:

Показатель	3,2 м	5 м
Производительность, т/ч	13-15	40
Удельная поверхность материала, см ² /г	2800-3000	3000-3500
Частота вращения ротора, об/мин	245	180
Установленная мощность, кВт	28	75
Масса, т	9,0	24,6

Воздушно-циркуляционный центробежный сепаратор с выносным вентилятором и внешней зоной осаждения представлен на рис. 6.8. В нем использована центробежная поперечно-лопаточная схема зоны осаждения, осуществляемая восходящим потоком воздуха, нагнетаемым внешним вентилятором 3 в корпус сепаратора, и вращающейся крыльчаткой 5. Материал поступает по патрубкам 1 на диск 4, вращаемый мотор-редуктором 2. В зоне крыльчатки крупные частицы под действием центробежных сил отбрасываются к стенкам и стекают вниз в приемник крупной фракции. Мелкие частицы выносятся воздухом во внешние циклоны 6, где осаждаются. Очищенный воздух по коллектору 7 вновь поступает в вентилятор.

Такая схема сепаратора отличается от рассмотренных тем, что выносные осадители могут быть оптимальных размеров. Это позволяет увеличить удельную нагрузку в камере сепаратора, уменьшить ее размеры, а также повысить степень очистки в циклонах осадителях. При этом увеличивается КПД вентилятора и уменьшается его износ, так как он перерабатывает более чистый воздух.

Общий вид воздушно-циркуляционного центробежного сепаратора с выносными циклонами представлен на рис. 6.9.

Сепараторы такого типа выпускаются с диаметром центрального сепарационного корпуса 3; 3,5; 5,0 м.

**Техническая характеристика воздушно-циркуляционных
центробежных сепараторов диаметром 3,0; 3,5 и 5,0 м
с выносными циклонами**

Показатели	3,0 м	3,5 м	5,0 м
<i>Производительность по цементу с удельной поверхностью:</i>			
2500 см ² /г, при циркуляции материала 2-3-кратной	70	80-90	160-180
3500 см ² /г, то же, 4-5-кратной	-	50	100
4000 см ² /г, то же, 6-7-кратной	-	50	70
Частота вращения ротора, об/мин	170-230	150-200	100-160
Передаточное число привода разбрасывающего устройства	3,3	3,6	9,4
<i>Электродвигатель привода ротора:</i>			
частота вращения, об/мин	750	800	1500
напряжение, В	-	-	440
мощность, кВт	55	85	180
<i>Дымосос:</i>			
производительность, м ³ /ч	95000	120000	150000
полное давление, кгс/м ²	-	-	250
<i>Электродвигатель дымососа:</i>			
частота вращения, об/мин	-	-	380
напряжение, В	25	160	200
мощность, кВт			
<i>Циклоны:</i>			
число	6	-	8
производительность, м ³ /ч	15000		20000
диаметр, мм	1200		1300
Объем воздуха, поступающего на аспирацию, м ³ /ч	5000		6000
Масса, т	29,0	33,6	56,0

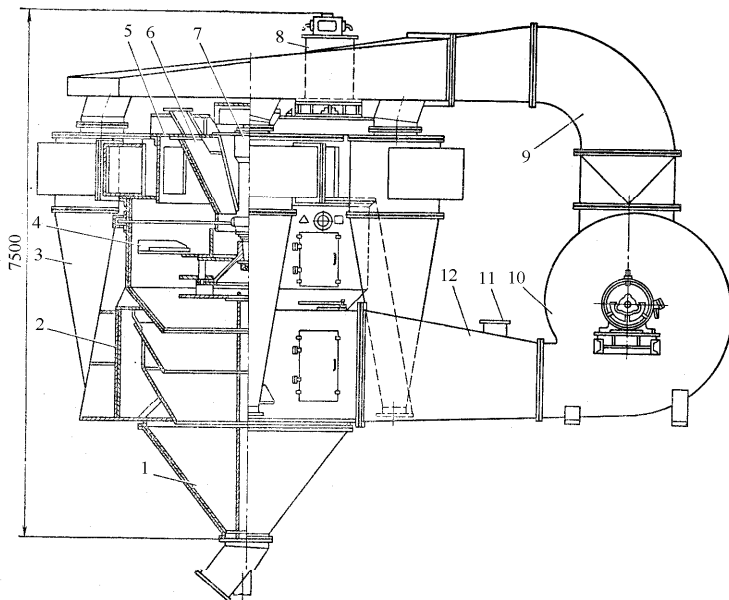


Рис. 6.9. Воздушно-циркуляционный центробежный сепаратор с выносными циклонами:

1 – приемный конус; 2 – металлоконструкция корпуса; 3 – наружный циклон; 4 – разбрасывающее устройство; 5 – верхняя крышка; 6 – загрузочный конус; 7 – вал; 8 – привод; 9 – патрубок; 10 – вентилятор; 11 – аспирационный патрубок; 12 – напорный патрубок

7. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА И ГАЗОВ ОТ ПЫЛИ

7.1. Общие сведения и конструкции циклонов

При использовании воздуха и газов в качестве рабочего тела в пневмотранспорте и сепараторах часть твердых частиц транспортируемого материала может быть вынесена в окружающую среду. Во избежание ее загрязнения применяют механическую сухую очистку в циклонах и очистку в матерчатых фильтрах: электрическую и мокрую. В производстве строительных материалов преимущественно распространен сухой способ очистки с использова-

нием аспирационных шахт, пылеосадительных камер, циклонов, рукавных и электрических фильтров.

Первый способ очистки осуществляется с помощью центробежных циклонов (рис.7.1), в которых очищаются газы при запыленности $200-400 \text{ г/м}^3$, при минимальном размере осаждаемых частиц $5-10 \text{ мкм}$. Производительность циклонов по пылевоздушной смеси, в зависимости от их размеров, составляет $1500-15000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Механическую очистку осуществляют в центробежных циклонах отделением частиц материала под действием центробежных сил и сил тяжести (сухим способом), а также в циклонах-промывателях при наличии воды (мокрым способом).

Принцип действия циклона показан на схеме (см.рис.6. 6). Запыленный воздух вводится в верхнюю цилиндрическую часть корпуса по касательной. В циклоне воздух движется по спирали вниз, для чего предусматривается направляющая – неподвижная винтовая лопасть (или крышка цилиндра выполняется с винтовой поверхностью). Под действием центробежных сил частицы отбрасываются к внешним стенкам, сползают и через специальный затвор удаляются из циклона. Очищенный воздух выходит по центральной трубе вверх. Скорость воздушной смеси на входе в циклон $15-25 \text{ м/с}$. Коэффициент очистки в центробежных циклонах $70-90\%$.

Циклоны малого диаметра обеспечивают лучшую очистку. Поэтому, чтобы достигнуть высокой степени очистки и увеличить производительность, их объединяют в группы (батареи). Схема такой установки показана на рис.7.2. Воздушная смесь поступает по трубе 4 в распределитель 3, откуда подается в циклоны 5. Очищенный воздух выходит по трубкам 7 в коллектор 2 и отводится по трубе 1 в следующий каскад очистки. Выделенный материал оседает в сборнике 6, откуда удаляется через специальные затворы. Иногда для большей компактности циклоны соединяют в группы (рис.7.3). Через входной патрубок, разветвляющийся на четыре рукава, пылевзвесь подается в четыре циклона. Осажденная пыль собирается в бункере с пылевым затвором, а частично очищенный воздух по внутренним патрубкам собирается в камере. На переходе из патрубков установлены кольцевые диффузоры, гасящие завихрение потока.

Групповые циклоны конструкции НИИОГАЗа содержат 2-14 элементов при диаметре каждого $200-1800 \text{ мм}$.

Размеры циклона конструкции НИИОГАЗа приведены в табл.7.1.

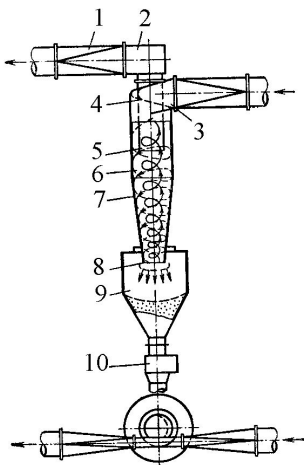
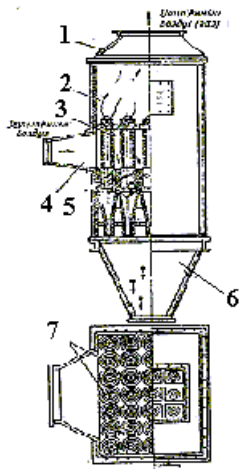
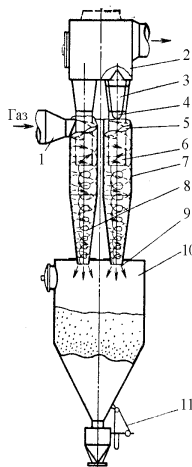


Рис. 7.1. Одиночный циклон:

- 1 – выходной патрубок;
 2 – улитка для гашения закрутки потока;
 3 – входной патрубок; 4 – крышка;
 5 – внутренний выходной патрубок;
 6 – цилиндрический сварной корпус;
 7 – конусная часть корпуса; 8 – выход оса-
 жденного материала; 9 – накопительный
 бункер; 10 – герметический пылевой затвор



**Рис. 7.2. Батарейный
циклон**



**Рис. 7.3. Группа
из четырех циклонов:**

- 1 – входной патрубок; 2 – камера;
 3 – диффузор; 4 – впускной стакан;
 5 – винтовая лопасть; 6 – патрубок;
 7, 8 – циклоны; 9 – выходной патрубок;
 10 – бункер; 11 – пылевой затвор

Техническая характеристика циклонов приведена в табл.7.1.

Таблица 7.1

Размеры циклонов конструкции НИИОГАЗа

<i>Элементы характеристики</i>	ЦН - 15	ЦН – 15 _y	ЦН - 24	ЦН - 11
Угол наклона крышки и входного патрубка циклона, град	15	15	24	11
Внутренний диаметр циклона, мм	400-800	200-800	400-1000	400-800
Высота, м:				
входного патрубка (внутренний размер)	0,66D	0,66D	1,11D	0,48D
выхлопной трубы с фланцем цилиндрической части корпуса циклона	1,74D	1,50D	2,11D	1,56D
конуса циклона	2,26D	1,51D	2,11D	2,08D
внешней части выхлопной трубы	2,0D	1,5D	1,75D	2,0D
общая циклона	0,3D	0,3D	0,4D	0,3D
	4,56D	3,31D	4,25D	4,38D
Коэффициент гидравлического сопротивления, Н/м ²	1025	1075	588	1760

*Производительность циклонов конструкции НИИОГАЗа
в зависимости от их диаметров*

Диаметр циклона, мм											
400	450	500	550	600	650	700	750	800	1100		
Производительность м ³ /ч при сопротивлении, Н/м ²											
750	1690	2140	2648	3200	3810	4460	5180	5950	6760	12800	

Циклоны малого диаметра имеют более высокий коэффициент очистки, чем циклоны больших диаметров. Чтобы получить высокий коэффициент очистки в сочетании с большой производительностью, циклоны малого диаметра (100-250 мм) собирают в секции (батареи) с общим выпускным коллектором и одним или двумя сборными бункерами. Циклоны такого типа называют батарейными или мультициклонами.

Рекомендуемое число элементов в секциях (прямоугольных) батарейных циклонов приведено в табл.7.2.

У батарейных циклонов коэффициент пылеосаждения достигает 95% при пропускной способности (производительности) более 80-100 тыс. м³/час.

**Рекомендуемое число элементов
в прямоугольных секциях батарейных циклонов**

Тип секций	Число элементов		Примечание
	в ряду	в секции	
ПС-5-25	5	25	Для элементов диаметром 100 мм
ПС-5-30	6	30	То же
ПС-5-35	7	35	«
ПС-5-40	8	40	Для элементов всех типов
ПС-5-45	9	45	То же
ПС-6-36	6	36	Для элементов всех типов
ПС-6-42	7	42	То же
ПС-6-48	8	48	«
ПС-6-54	9	54	«
ПС-6-60	10	60	«
ПС-8-64	8	64	Для элементов всех типов
ПС-8-72	9	72	рекомендуется устанавливать
ПС-8-80	10	80	в бункере перегородки
ПС-8-88	11	88	
ПС-8-96	12	96	Для элементов всех типов
ПС-8-104	13	104	
ПС-8-112	14	112	
ПС-10-100	10	100	
ПС-10-110	11	110	Для элементов всех типов
ПС-10-120	12	120	устройство перегородки в бункере
ПС-10-130	13	130	обязательно

7.2. Методика технологического расчета циклонов

Технологический расчет циклонов предусматривает определение гидравлического сопротивления одиночного циклона, плотности аспирационного воздуха при заданных условиях, условной скорости газа в циклоне, производительности циклона и числа циклонов в группе.

1. В зависимости от типа циклона по табл. 7.3 определяют коэффициент гидравлического сопротивления одиночного циклона (ξ).

Таблица 7.3

**Значение коэффициентов гидравлического
сопротивления одиночного циклона**

Параметры	Тип циклона			
	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-15 _у	ЦН-24
Диаметр циклона, мм	450	450	450	450
Коэффициент гидравлического сопротивления циклонов: без улитки	250	160	170	80
с улиткой на выходной трубе	210	140	160	90

2. Гидравлическое сопротивление одиночного циклона определяют по формуле

$$\Delta P = \frac{\Delta P^1}{1,1}, \quad (18)$$

где ΔP - гидравлическое сопротивление одиночного циклона, мм водн. ст.; ΔP^1 - гидравлическое сопротивление батареи циклонов, мм водн. ст.

3. Плотность аспирационного воздуха при рабочих условиях вычисляют по формуле:

$$\rho_z = \frac{\rho_{г.норм.} \times T_o \times P}{P_o \times T}, \quad (19)$$

где $\rho_{г.норм.}$ - плотность аспирационного воздуха при нормальных условиях (0°С и 760 мм рт. ст.); $T_o = 273$ К.; P - абсолютное давление, мм рт. ст.; $P_o = 760$ мм рт. ст.; T - рабочая температура, К.

4. Условную скорость газа в циклоне определяют по формуле

$$\omega_{усл} = \sqrt{\frac{2\Delta P \times 9,81}{\xi \times \rho_z}}, \quad (20)$$

где $\omega_{усл}$ - условная скорость газа в циклоне, м/с; ΔP - гидравлическое сопротивление одиночного циклона, мм водн. ст.; 9,81 - переводной коэффициент, Па; ξ - коэффициент гидравлического сопротивления одиночного циклона; $\rho_{г.}$ - плотность аспирационного воздуха при рабочих условиях, кг/м³.

5. Производительность одного циклона равна

$$\Pi = \frac{\pi \times D^2}{4} \times 3600 \times \omega_{\text{усл}}, \quad (21)$$

где Π - производительность одного циклона, $\text{м}^3/\text{ч}$; $\pi = 3,14$;

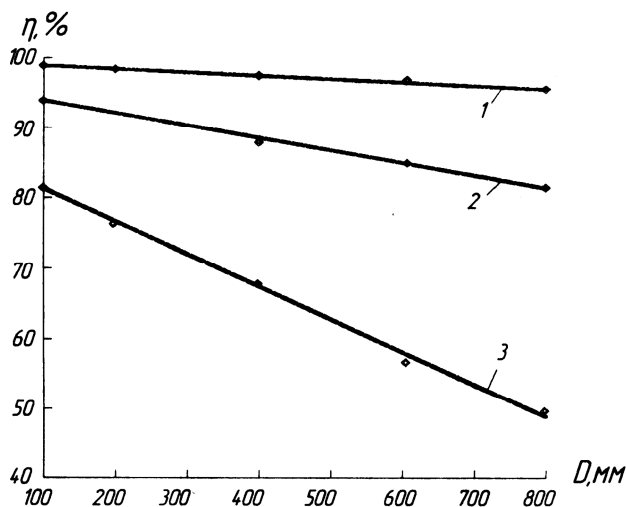
D - диаметр циклона, м ; $\omega_{\text{усл}}$ - условная скорость газа в циклоне, $\text{м}/\text{с}$.

6. Число циклонов в группе вычисляют по формуле

$$n = \frac{\Pi^1}{\Pi},$$

где n - число циклонов в группе; Π^1 - производительность по аспирационному воздуху, $\text{м}^3/\text{час}$; Π - производительность одного циклона.

7. Степень улавливания пыли в циклоне определяют по графику зависимости $\eta(D)$:



7.3. Воздушные фильтры

Второй способ очистки – с помощью матерчатых фильтров – основан на пропуске воздушной смеси через ткань, которая задерживает частицы (примеси строительных материалов) и пропускает очищенный воздух (газ).

Сущность очистки газов в матерчатых фильтрах состоит в пропуске газов сквозь пористые перегородки, на которых оседают мелкие частицы. Обычно перегородки изготовляют в виде рукавов из толстой ткани. При температуре газа свыше 100°C рукава делают из стеклоткани.

Схема рукавного фильтра типа ФР показана на рис. 7.4. Загрязненный воздух поступает по трубе 1 в корпус 2, в котором на специальных подвесках 4 установлены рукава 3. Проходя сквозь стенки рукавов, газ очищается от пыли, которая на них оседает, и отводится по трубе 5. Для обеспечения работы фильтра его рукава периодически встряхивают специальным механизмом 6. В момент встряхивания отводящие трубопроводы 5 закрываются заслонкой 8, заблокированной с механизмом встряхивания.

Осажденный в сборнике 9 материал подается шнеком 7 через шлюзовую затвор 10 в бункеры. Чтобы лучше очистить ткань, сквозь фильтр периодически продувают чистый воздух в обратном направлении. Степень очистки в матерчатых фильтрах достигает 96-98% при условии очистки сухих газов. Техническая характеристика рукавных фильтров приведена в табл. 7.4.

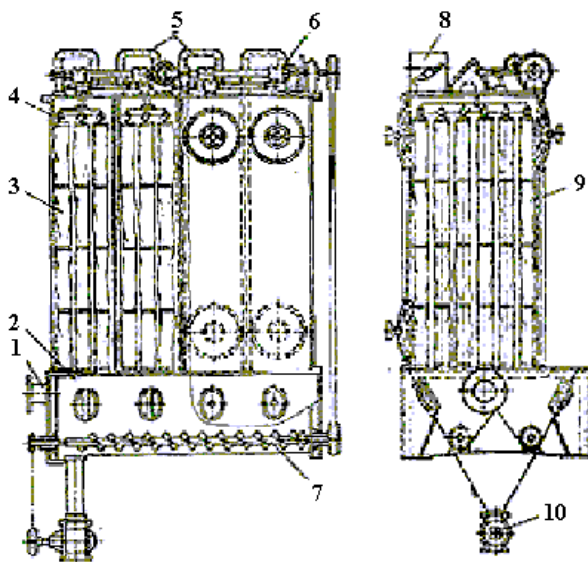


Рис. 7.4. Рукавный фильтр

Таблица 7.4

**Техническая характеристика рукавных фильтров
для цементной промышленности**

Параметры	ФР-10	ФР-30	ФР-60	ФР-90	ФР-112	ФР-160	ФР-224	ФР-280
Площадь фильтрующей поверхности, м ²	10	30	60	90	112	160	224	280
Число секций	1	2	4	6	6	6	8	10
Общее число рукавов	18	136	172	104	56	84	112	140
Диаметр рукава, мм	135	135	135	135	220	220	220	220
Производительность, м ³ /ч (при удельном напряжении ткани 1-1,5 м ³ /м ² и сопротивлении фильтра 800-1000 Н/м ²)	20-30	40-45	60-90	90-130	20-150	-	-	-
Масса, т	0,33	1,06	1,7	2,3	9,4	12,0	14,7	15,2
Габаритные размеры, м:								
длина	1,2	1,7	2,8	3,8	3,8	5,3	6,8	6,8
ширина	0,75	1,6	1,7	1,7	8,6	8,6	8,6	8,6
высота	1,99	3,9	3,9	3,9	2,25	2,25	1,25	2,25

Рукавный фильтр СМЦ-100 обеспечивает максимальную очистку газа или воздуха от примесей. В нем применяются бесшовные рукава, изготовленные из стеклоткани. Степень пылеулавливания – до 0,9996, а температура подаваемой смеси – до 300⁰С. Эти фильтры используются в качестве второй ступени очистки дымовых газов вращающихся печей, при очистке аспирационного воздуха цементных мельниц и холодильников для клинкера при производстве гипса и извести.

Фильтры изготовляют трех типоразмеров: СМЦ-100-1, СМЦ-100-II, СМЦ-100-III.

В зависимости от количества очищаемого воздуха (газа) и требуемой площади фильтрующей поверхности фильтры могут

объединяться в группы от одного до четырех для габарита I , но не более десяти для габаритов II и III в одном ряду. Общий вид рукавного фильтра СМЦ-100-I представлен на рис.7.5, техническая характеристика приведена в табл. 7.4. Для перехода в режим регенерации он включается автоматически на 0,5-2 мин. В зависимости от состава пыли специальный механизм, закрывающий клапан всасывающего патрубка клапанной коробки и открывающий капорный патрубок. Давление воздуха в межкамерном пространстве плавно деформирует рукав, стряхивая с него пыль в бункер. Рабочее время между интервалами регенерации устанавливается по местным условиям. Устойчивая работа и долговечность рукавов во многом зависят от способов крепления.

Рукавный фильтр СМЦ-101 (рис. 7.6) предназначен для очистки воздуха (газов) до санитарных норм. Рукава фильтра выполнены из лавсана и выдерживают температуру поступающей смеси до 140⁰С. Данные фильтры имеют три габаритные группы исполнения: СМЦ-101-I, СМЦ-101-II, СМЦ-101-III.

Для I габаритной группы в одном ряду может быть не более четырех единичных фильтров, объединенных в зависимости от потребной площади фильтрующей поверхности.

В группах II и III габаритов в одном ряду может быть не более десяти единичных фильтров.

Аналогично фильтру СМЦ-100 постоянное натяжение рукава осуществляется пружинной подвеской.

Регенерация производится с помощью механизма встряхивания, монтируемого на верхнем блоке фильтра. Технические характеристики приведены в табл. 7.5.

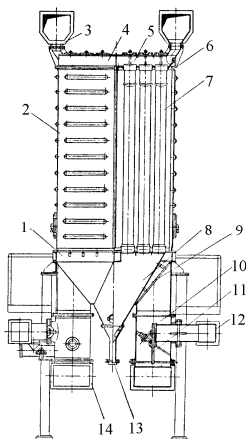


Рис. 7.5 Рукавный фильтр СМЦ- 100-1:

1 – нижний блок; 2 – средний блок; 3 – подводящий патрубок запыленного воздуха; 4 – верхний блок; 5 – полость верхнего блока; 6 – решетки закрепления рукавов; 7 – рукав; 8 – бункер для осажденной пыли; 9 – полость нижнего блока; 10 – клапанная коробка; 11 – клапан; 12 – напорный патрубок; 13 – патрубок с затвором для выхода пыли; 14 – патрубок к дымососу

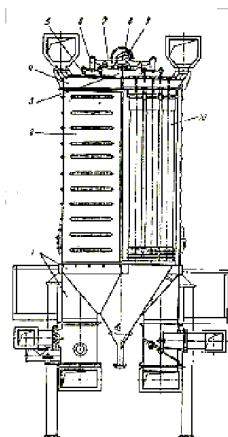


Рис. 7.6. Рукавный фильтр СМЦ- 101-1:

1 – нижний блок; 2 – средний блок; 3 – крышка с рамой встряхивающего устройства; 4 – верхний блок; 5 – эластичные буферные опоры; 6 – опора балансира; 7 – балансир; 8 – роликовая кулиса; 9 – мотор-редуктор; 10 – рукав

Таблица 7.5

Технические характеристики рукавных фильтров

Показатели	СМЦ-100			СМЦ-101			СМЦ-166А	СМЦ-167	ФБК-30 (СМЦ-705)	ФБК-60 (СМЦ-706)	ФБК-90 (СМЦ-707)
	I	II	III	I	II	III					
Площадь фильтрующей поверхности, м ²	57	108	210	53	104	206	30	10	30	60	90
Нагрузка на ткань, м ³ /м ² мин	0,5-0,8			0,8-1,2			0,8-1,2	0,7-1,5	2,77	2,77	2,77
Температура газа на входе в фильтр, °С	До 300			До 140			До 140	До 140			
Концентрация пыли в газе на входе в фильтр, г/м ³	До 50			До 50			До 50	До 50			
Соппротивление ткани (при удельной нагрузке 0,6 м ³ /м ² мин); мм вод.ст.	70-90			70-90			70-90	70-90*	По чистому воздуху 40-50		
Гидравлическое сопротивление фильтра перед регенерацией мм вод.ст.	До 190			До 190							
Число: камер в фильтре (секций) рукавов в камере рукавов в фильтре	2 18 36			2 18 36			2 12 24	2 4 8	2 18 36	4 18 72	6 18 108
Длина рукавов (рабочая), мм	2540	4800	9300	2360	4610	9120	2000	1150, 1200	2060	2060	2060
Диаметр рукавов (регенерация), мм	200			200			200	135, 200	135	135	135
Очистка ткани (регенерация)	Обратной продувки			Механ. встряхив. и обратн. продувка			Обратной продувки	Обратной продувки	-	-	-
Установленная мощность, кВт	1,5			2,3			-	-	-	-	-
Масса без электрооборудования, кг	2360	3130	4370	2630	3450	4760	1000	250	1053	1682	2300
Габаритные размеры (длина ширина высота), мм							1058x2010 x4212		1701x1690 x3910	2801x1690 x3910	3901x1690 x3910

* При удельной нагрузке 0,7 м³/м², мин.

Рукавный фильтр СМЦ-166А, схема которого представлена на рис.7.6, предназначен для очистки газов до санитарной нормы с температурой не более 140⁰С.

Устанавливается там, где по местным условиям нельзя разместить фильтр СМЦ-101. Фильтры могут группироваться в сборки (но не более четырех) из одного или более единичных фильтров в одном ряду. В каждом единичном фильтре имеется по 24 рукава, изготовленных из лавсана, а для воздушной регенерации фильтрующей ткани предусматривается подключение напорного патрубка через соответствующий дроссель к производственной сети сжатого воздуха.

Рукавный напорный фильтр СМЦ-167 (схема на рис.7.7) предназначен для очистки до санитарной нормы избыточного воздуха. Рукава выполнены из лавсана, но температура подаваемого воздуха не должна превышать 140⁰С.

Корпус фильтра прямоугольной формы, из листовой стали, разделен металлической стенкой (5) на две равные вертикальные камеры, открыты снизу. Бункер для сбора пыли крепится к нижнему торцу корпуса. Для контроля крепления рукавов в каждой камере есть прямоугольное окно, герметически закрываемое крышкой.

Каждая камера имеет прямоугольную клапанную коробку (3) с плоским поворотным клапаном (4), установленным на шарнирах. При очистке воздуха клапан открывается и пропускает воздух из подрукавной полости. При регенерации осевшая на рукавах пыль удаляется воздухом, подаваемым от компрессора через трубопровод (7), который заполняет подрукавное пространство и закрывает поворотный клапан. Осевшая пыль сбрасывается, создавая противодавление в рукавах, и несколько деформируя их. Камеры для регенерации включаются и отключаются автоматически, поочередно, с задаваемой периодичностью.

Рукавный фильтр СМЦ-801 предназначен для улавливания твердых частиц и пыли из различных технологических газов и вентиляционного воздуха. Общий вид фильтра представлен на рис.7.9. Фильтр изготавливается одинарным или двоярным в зависимости от требуемой поверхности фильтрации. Одинарные фильтры могут состоять из удвоенного числа секций. В каждой секции в три ряда в шахматном порядке размещено 14 рукавов.

Для регенерации (очистки) ткани рукавов на каждой половине сдвоенного фильтра, на крышке (8), установлен механизм встряхивания и переключения газа. Техническая характеристика фильтров СМЦ-801 приведена в таблице 7.5, а схема устройства – на рис.7.8.

Таблица 7.6

Техническая характеристика фильтров СМЦ-801

Показатели	Одинарные			Сдвоенные				
Число секций в фильтре рукавов	4 56	6 84	8 112	10 140	4x2=8 112	6x2=12 168	8x2=16 224	10x2=20 280
Фильтрующая поверхность, м ²	112	168	224	280	224	336	448	560
Габаритные размеры фильтров, мм								
длина	4380	5880	7380	8880	4380	5880	7380	5880
ширина	2650	2650	2650	2650	5315	5315	5315	5315
высота	8600	8600	8600	8600	8600	8600	8600	8600
Масса, т	67	9,3	11,9	14,5	13,7	19,1	24,3	29,7

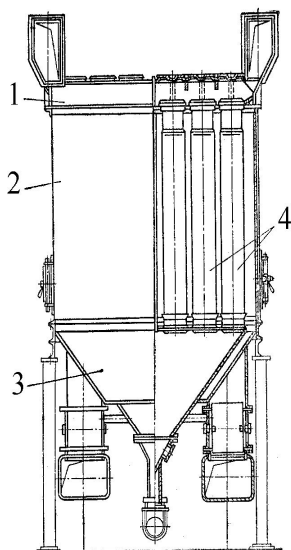
Примечание. Длина рукавов – 3100 мм, внутренний диаметр – 220 мм; материалом служит фильтровальное сукно №2.

Всасывающий фильтр ФВК (рис.7.9) выполнен в виде металлического разборного шкафа, разделенного вертикальными перегородками на секции (2). В каждой секции размещено по 18 рукавов (7) из фильтрованного сукна. Верхние торцы рукавов заглушены тарелками, которые посредством подвески присоединены к приводу встряхивающего механизма (1). Осажденный продукт выводится через выпускной клапан (4), к которому перемещается шнеком (5), расположенным в металлическом конусе под шкафом.

Запыленный воздух подается вентилятором через входной патрубок (6). Встряхивание рукавов в каждой секции производится поочередно. В момент встряхивания секция автоматически отключается от воздуховода перекидными клапанами, расположенными в картонных коробках, с одновременным открытием клапанов, соединяющих секцию с атмосферой.

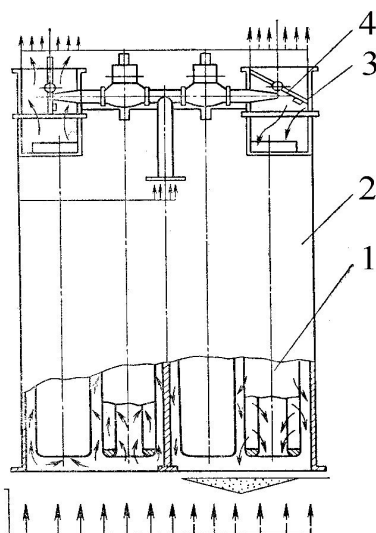
Для фильтрации влажных запыленных газов на клапанных коробках имеются патрубки, по которым при обратной продувке ткани подается теплый воздух.

Технические характеристики фильтров ФВК даны в табл. 7.4.



**Рис. 7.7. Рукавный фильтр
СМЦ – 166 А:**

1, 2, 3 – верхний, средний
и нижний блоки; 4 – рукав



**Рис. 7.8. Рукавный напорный
фильтр СМЦ – 167:**

1 – рукав; 2 – корпус; 3 – клапанная
коробка; 4 – поворотный клапан

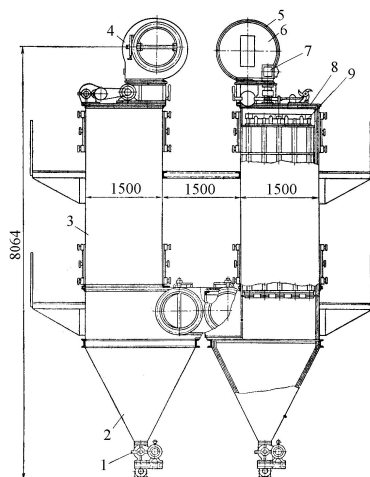


Рис. 7.9. Рукавный фильтр СМЦ – 801:

1 – привод шнека; 2 – бункер; 3 – корпус; 4 – коллектор входа газа;
5 – кожух; 6 – коллектор выхода газа; 7 – вентилятор продувки воздуха;
8 – крышка с механизмами встряхивания; 9 – рама подвески рукавов

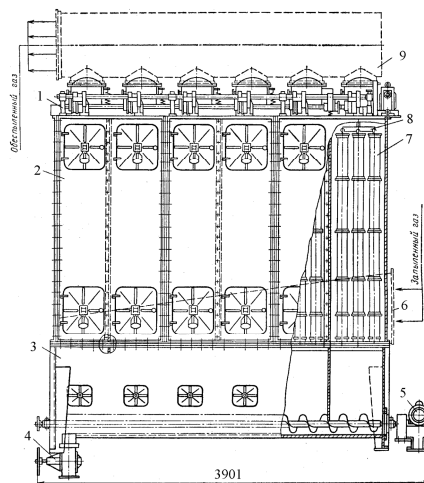


Рис. 7.10. Всасывающий фильтр типа ФВК:

1 – механизм встряхивания и продувки; 2 – шкаф; 3 – конус; 4 – выпуск-
ной клапан; 5 – шнек; 6 – входной патрубок; 7 – рукав;
8 – подвеска рукавов; 9 – коллектор

7.4. Электрофилтры

Электрический способ очистки газов является наиболее совершенным. Он основан на ионизации частиц, взвешенных в подаваемой смеси, пропускаемой через электрическое поле высокого напряжения. Для создания электрического поля между электродами фильтра применяется ток высокого напряжения (до 75 000 В). Частицы электризуются в электрическом поле между осадительным электродом 1, соединенным с корпусом и коронирующим электродом 2 (рис.8.1), зарядившись перемещаются к электроду, заряд которого противоположен по знаку, и осаждаются на нем.

В настоящее время изготовляют пластинчатые электрофилтры, в которых коронирующие электроды выполняются из проволоки, а в качестве осадительных применяются пластины. По направлению движения газов различают горизонтальные и вертикальные электрофилтры. Степень очистки в электрофилтрах новейших конструкций достигает 99%.

Устройство горизонтального электрофилтра показано на рис. 8.3. Загрязненный газ поступает через входной распределитель 1 в камеру филтра 2, разделенную на две параллельные секции. В каждой секции смонтированы три каскада электрофилтра, через которые газ проходит последовательно. Каждый каскад состоит из нескольких рядов осадительных сетчатых плоских электродов 3 и коронирующих, состоящих из стержней электродов 4, установленных на изоляторах 5. Осадительные электроды периодически встряхиваются кулачковым механизмом 6 для освобождения от осевшей на них пыли. Собранная в приемниках 8 пыль удаляется через затворы 9. Очищенный газ отводится через сборный коллектор 7.

Электрофилтры улавливают частицы крупностью до 5 мкм со степенью очистки 99%. Такие филтры успешно работают на очистке горячих (до 350⁰С) газов. Аэродинамическое сопротивление в них невелико, тем они отличаются от матерчатых. Расход энергии составляет около 0,3 кВт·ч на 1000 м³ газа. Техническая характеристика электрофилтров приведена в табл.8.1.

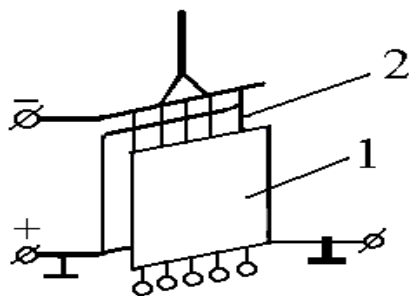


Рис. 7.11. Схема подключения электродов:
 1 – осадительный электрод; 2 – коронирующий электрод

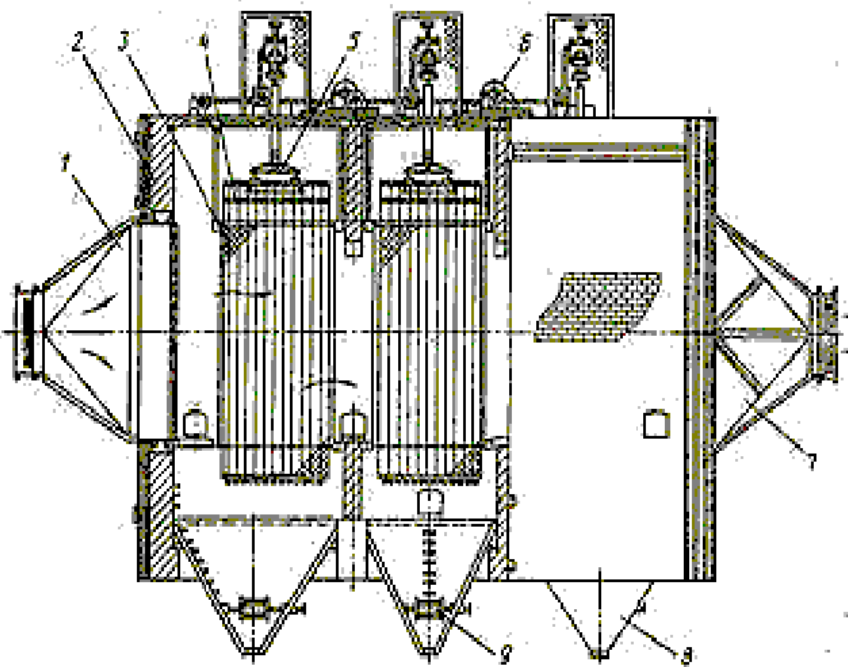


Рис. 7.12. Горизонтальный электрофильтр
 (принципиальная схема)

Таблица 7.7

**Техническая характеристика электрофильтров, применяемых
в промышленности строительных материалов**

Параметры	Фильтры											
	Горизонтальные						Вертикальные					
	Ц-7,5	Ц-8	Ц-10	Ц-11,5	Ц-14-31	ЦГ-12-25	Ц-23-3	Ц-24-33	ЦВ-10	ЦВ-48х2	ЦВ-9-11	ЦВ-8-11
Активная площадь сечения, м ²	7,5	8	10	11,5	31,5	26	23	33	10	48	11	11
Число полей	2	1	3	2	2	3	3	3	1	1	1	1
Производительность по газу (при скорости газа 1 м/с), м ³ /ч	27000	48000	56000	41400	130000	145000	82800	288000	36000	12000	27000	36000
Допустимое разрежение газа в фильтре, мм вод. ст.	2000	-	2000	2000	1800	-	2000	-	2000	2000	2000	2000
Гидравлическое сопротивление, Н/м ²	150	150	150	150	150	-	150	150	160	150	150	150
Расход электроэнергии, кВт·ч/ 1000 м ³	0,32	0,27	-	0,2	0,28	0,32	0,32	0,34	0,25	0,28	0,3	0,32
Место установки	За мельницами и сушильными барабанами			За печами размером 3,6х150			За вращающимися печами			За сепараторными мельницами		

Схема горизонтального электрофилтра типа УГ показана на рис. 8.3. Для равномерного распределения газа по поперечному сечению электрофилтра служит газораспределительная решетка, снабженная механизмом встряхивания с электроприводом. Внутри корпуса электрофилтра установлены коронирующие и осадительные электроды. Коронирующие электроды выполнены из нихромовой проволоки и свободно подвешены к корпусу электрофилтра. Натяжение их осуществляется грузами. Осевшая на электродах пыль сбрасывается встряхивающими механизмами, электроприводы которых выведены наружу, в бункеры, откуда системой винтовых конвейеров она направляется в пневмонасос и далее на склад. Во избежание зависания пыли в бункерах у выходов из них предусмотрены вибраторы.

На цементных заводах чаще всего устанавливают пластинчатые горизонтальные электрофилтры типа УГ и УГТ. Первые работают при влажности газов 20% и температуре до 200⁰С.

Филтры УГТ (термостойкие) допускают очистку газов при температуре 425⁰С. Удельный расход электроэнергии составляет 0,2-0,3 кВт на 1000 м³ очищаемого газа. Филтры УГ изготовляют двух габаритов: УГ1 и УГ2. Филтры УГ1 устанавливают за цементными мельницами, филтры УГ2 – за цементными мельницами, холодильниками, вращающимися печами для сухого и мокрого способа производства клинкера, сушильными барабанами, вихревыми сушилками. Филтры УГТ устанавливают за вращающимися печами для сухого (длиной до 100 м) и мокрого способов производства клинкера.

Рекомендуемые скорости газов в электрофилтрах, м/с:

УГ1, УГТ до 1,0

УГ2 1,0-1,5

Технические характеристики электрофилтров УГ и УГТ приведены в табл.8.2 и 8.3.

Подробный расчет электрических и конструктивных параметров электрофилтров специфичен и производится специализированными конструкторскими организациями. При проектировании предприятий, использующих эти филтры, производится их выбор по данным каталогов и справочников.

7.5. Оборудование для мокрой очистки

Для окончательной очистки загрязненных газов, отходящих из вращающихся печей и сушильных барабанов, применяют установки для мокрой очистки – скрубберы.

На рис. 7.13 показан вертикальный скруббер. Работает он так: загрязненный газ по патрубку 6 поступает в нижнюю зону корпуса 1, футерованному керамической плиткой 2. В верхнюю зону скруббера через брызгала 3 попадает вода.

В корпусе установлены насадки 5 из деревянных реек. Верхняя насадка равномерно распределяет воду по сечению корпуса, средняя – служит для улавливания пыли, а нижняя – распределяет поток входящего газа. Газ вводится в скруббер по трубе 6 со скоростью 18-20 м/с по касательной к корпусу. Относительно крупные частицы под действием центробежных сил отбрасываются к стенкам, смачиваются водой и в виде пленки стекают вниз. Окончательное улавливание частиц водой производится при прохождении потока газа сквозь водяную завесу, образованную по всему сечению скруббера.

Во избежание выноса воды в сборник 4 скорость движения газа в корпусе скруббера не должна превышать 6 м/с. Степень очистки в таком скруббере 95-98%.

На рис. 7.14 показана схема пенного пылеуловителя, состоящего из корпуса 3, разделенного по высоте решеткой 4. В верхнее отделение на решетку по патрубку 2 попадает вода так, чтобы ее слой на решетке составлял 20-30 мм. Запыленный газ поступает по трубе 1 и движется вверх сквозь решетку навстречу струям воды. В результате такого движения образуется слой пены толщиной 120-180 мм, в котором задерживаются частицы пены. Очищенный газ собирается в колпаке 5 и отводится в атмосферу. Частицы пыли, образующие с водой шлам, отводятся через сборник 7 и частично через боковое отверстие 6 вместе со шламом.

Пенные пылеуловители задерживают частицы размером до 3 мкм. Скорость движения газов в аппаратуре достигает 3,5 м/с. Расход воды 0,5-0,8 м³ на 1000 м³ газа.

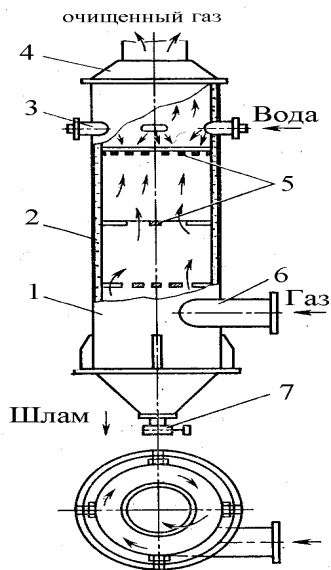


Рис. 7.13. Противоточный скруббер:

1 – корпус; 2 – футеровка;
3 – брызгала; 4 – сборник;
5 – насадки; 6 – патрубок подающий

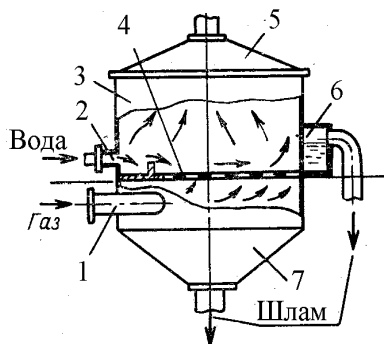


Рис. 7.14. Пенный пылеуловитель:

1 – труба подающая; 2 – патрубок для воды; 3 – корпус;
4 – решетка разделительная;
5 – колпак; 6 – отверстие для отвода воды;
7 – сборник шлама

Таблица 7.8

Техническая характеристика электрофильтров типа УГ

Показатели	УГ 1-2-10	УГ 1-3-10	УГ 1-2-15	УГ 1-3-15	УГ 2-3-26	УГ 2-4-26	УГ 2-3-37	УГ 2-4-37	УГ 2-3-53	УГ 2-4-53	УГ 2-3-74	УГ 2-4-74
Площадь активного сечения, м ²	10	10	15	15	26	26	37	37	53	53	74	74
Число полей	2	3	2	3	3	4	3	4	3	4	3	4
Длина, м:												
с форкамерой	10,7	15,2	10,7	15,2	15,2	19,7	15,2	19,7	15,2	19,7	15,2	19,7
без форкамеры	9,6	14,1	9,6	14,1	14,1	18,6	14,1	18,6	14,1	18,6	14,1	18,6
Ширина, м:												
с приводами встряхивания	4,6	4,6	5,9	5,9	6,1	6,1	7,8	7,8	10,3	10,3	13,6	13,6
без приводов встряхивания	3,5	3,5	4,8	4,8	5,2	5,2	6,8	6,8	9,3	9,3	12,6	12,6
Высота с бункером, м:												
пирамидным	12,1	12,1	12,1	12,1	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3
щелевым	10,6	10,6	12,1	12,1	15,3	15,3						
Коронирующие электроды:												
число	20	30	30	45	45	60	63	84	90	120	126	18
активная длина проводов, м	1120	1680	1680	2520	4536	6048	6350	8467	9072	12096	12701	16334
Осадительные электроды:												
число	22	33	32	48	48	64	66	88	93	124	129	172
активная высота												
пластины, мм	4200	4200	4200	4200	7460	7460	7460	7460	7460	7460	7460	7460
Масса, т	<u>46,0*</u> 44,0	<u>62,0</u> 61,0	<u>55,0</u> 56,0	75,0	<u>99,0</u> 104	<u>131</u> 135	142,0	170,0	179,0	230,0	236,0	238,9
Число электродвигателей												
механизмов встряхивания:	2	3	2	3	3	4	3	4	3	4	3	4
для осадительных электродов	1	2	1	2	2	2	2	2	4	4	4	4
то же, коронирующих												
газораспределительных решеток	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Примечание. Ширина пластины для осадительных электродов 2510 мм.

* В числителе дана масса с пирамидальным бункером, в знаменателе – с щелевым.

Таблица 7.9

Техническая характеристика электрофильтров типа УГТ

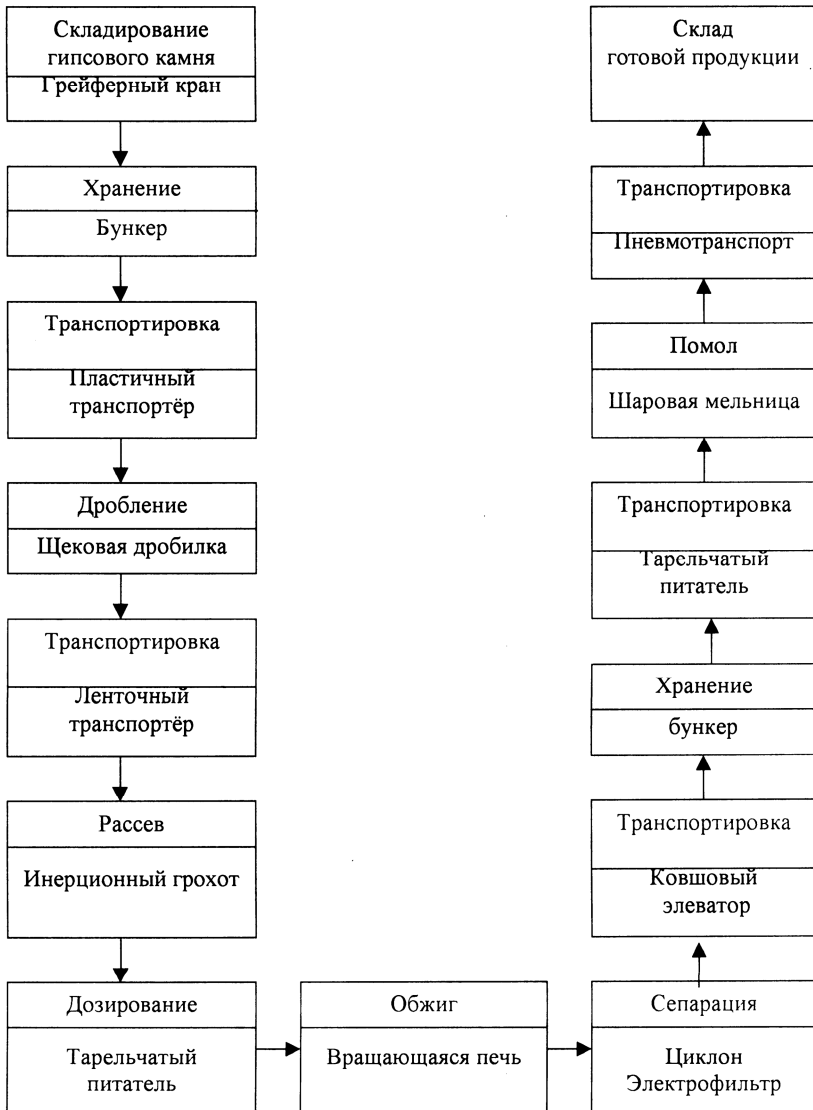
Показатель	УГТ1-30-3	УГТ1-40-3	УГТ1-60-3	УГТ1-80-3	УГТ2-50-3	УГТ2-80-3
Площадь активного сечения, м ²	30	40	60	80	50	80
Число полей	3	3	3	3	3	3
Длина, м:						
с форкамерой	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
без форкамеры	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6
Ширина, м:						
с приводами встряхивания	6,0	8,6	10,5	13,3	7,6	10,5
без приводов встряхивания	5,2	6,8	9,6	12,5	6,8	9,6
Высота с бункером, м:						
пирамидным	16,6	16,6	16,6	16,6	19,1	19,1
щелевым	16,6	15,6	-	-	-	-
Осадительные электроды:						
число	51	69	102	135	69	102
активная высота пластины, мм	7500	7500	7500	7500	7500	7500
ширина пластины, мм	2460	2460	2460	2460	2460	2460
Коронирующие электроды:						
число	552	768	1152	1536	768	1152
активная длина проводов, мм	4440	5760	8640	11520	7680	11520
Масса, т:						
осадительных электродов	68	87	128	168	98	145
корпуса	62	71	93	109	79	100
общая	130	158	221	277	177	245
Число электродвигателей механизмов встряхивания:						
для осадительных электродов	6	6	9	12	6	9
то же, коронирующих						
газораспределительных решеток	1	1	1	1	1	1
Поверхность теплоизоляции с бункером, м ² :						
пирамидальным	525	610	779	945	676	846
щелевым	525	572	-	-	-	-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерёмин Н.Ф. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов. - М.: Высшая школа, 1985. – 280с.
2. Борщ И.М. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов. - Киев: Высшая школа, 1981.
3. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. - М.: Машиностроение, 1983. – 487с.
4. Дроздов Н.Б., Журавлёв М.И. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций С.Г. Силенок, А.А. Борщевский, Н.Н. Горбонец. - М.: Машиностроение, 1990. – 412с.
5. Борщевский А.А., Ильин А.С. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий. - М.: Высшая школа, 1987.
6. Бауман В.А. и др. Механическое оборудование предприятий строительных изделий и конструкций. - М.: Машиностроение, 1981.
7. Езерский А.В. и др. Механическое оборудование заводов сборного железобетона. - Минск: Высшая школа, 1977.
8. Михайлов К.В., Фоломеев А.А. Справочник по производству сборных железобетонных изделий. – М.: Стройиздат, 1982.
9. Гальперин М.И., Домбровский Н.Г. Строительные машины. – М.: Высшая школа, 1980.

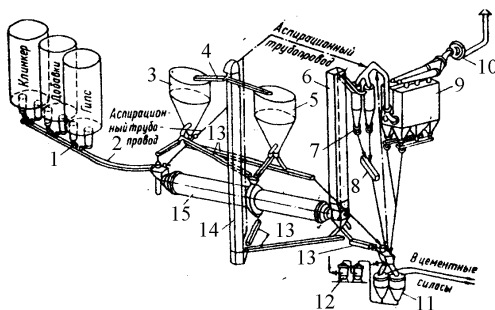
ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Технологическая схема производства строительного гипса



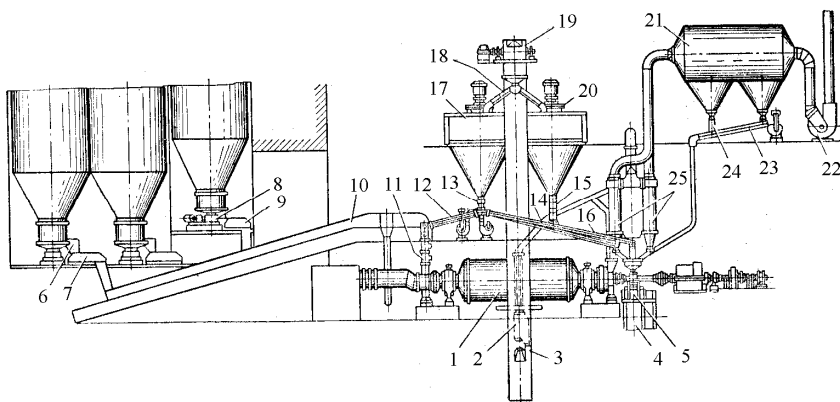
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Технологические схемы производств



**Рис. П.2.1. Технологическая схема производства
портландцемента**

1 – дозаторы; 2 – ленточный конвейер; 3, 5 – сепараторы; 6 – аспирационная шахта; 7 – циклоны; 4, 8, 13 – аэрожелоба; 9 – рукавный фильтр; 10 – вентилятор; 11 – камерный насос; 12 – фильтр сжатого воздуха; 14 – элеватор; 15 – мельница



**Рис. П.2.2. Схема помольного агрегата с мельницей 3,2×8,5 м
для помола сырья с подсушкой:**

1 – сепараторная мельница 3,2×8,5 м; 2 – электромагнитный сепаратор; 3 – элеватор; 4 – фильтр для обезвоживания воздуха; 5 – пневмокамерный насос; 6 – питатель известняка; 7, 9 – весоизмерители; 8 – питатель глины; 10 – ленточный конвейер; 11 – шиловый затвор возврата крупки; 12, 14, 16, 18, 23 – аэрожелоба; 13, 15 – “мигалки”; 17, 20 – центробежные сепараторы; 19 – головка элеватора с приводом; 21 – электрофильтр; 22 – дымосос; 24 – затвор разгрузки

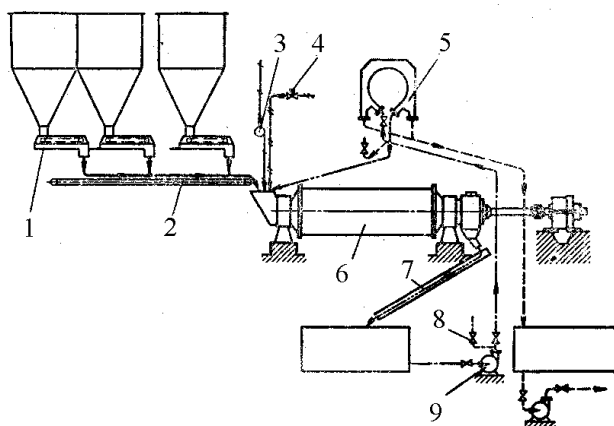


Рис. П.2.3. Схема помольного агрегата с мельницей $3,2 \times 8,5$ м и дуговым гидрокласификатором:

1 – дозатор; 2 – ленточный конвейер; 3 – дозатор для подачи интенсификатора помола; 4 – система подвода воды; 5 – гидрокласификатор; 6 – мельница $3,2 \times 8,5$ м; 7 – шламопровод; 8 – запорный вентиль

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Пример расчета производительности предприятия

Задание. Рассчитать производительность цеха помола активной минеральной добавки.

Исходные данные. Производительность цеха 185 тыс. т в год; активная минеральная добавка – опока; максимальная крупность кусков опоки 150 мм; влажность опоки 7%; плотность опоки 1200 кг/м^3 .

Методика расчета производительности предприятия

Расчет производительности предприятия выполняется в соответствии с технологической схемой, разработанной в курсовом проекте, и режимом работы, принятым для данного предприятия.

1. В соответствии с заданием разрабатываем технологическую схему процесса помола опоки (рис. П.3).

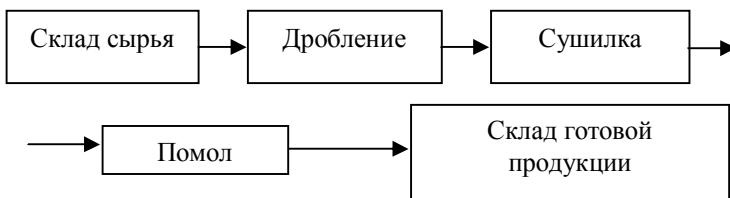


Рис. П.3 Технологическая схема процесса помола опочки

2. Принимаем режим работы цеха помола: 262 рабочих дня, работа двухсменная, длительность одной смены – 8 часов.

Количество рабочих часов в году составит: $8 \cdot 2 \cdot 262 = 4192$ ч;
в сутки: $8 \cdot 2 = 16$ ч.

3. При расчете производительности предприятия учитываем технологические потери, которые принимаем 0,5%.

4. Расчет производительности выполняем по формулам:

$\Pi_{\text{год}} = 185$ т (задание)

$$\Pi_{\text{сут}} = \frac{\Pi_{\text{год}}}{V_{\text{сут}}}, \quad \Pi_{\text{см}} = \frac{\Pi_{\text{год}}}{V_{\text{см}}}, \quad \Pi_{\text{час}} = \frac{\Pi_{\text{год}}}{V_{\text{час}}},$$

где $\Pi_{\text{год}}$, $\Pi_{\text{сут}}$, $\Pi_{\text{см}}$, $\Pi_{\text{час}}$ – соответственно производительность в год, сутки, смену, час; $V_{\text{год}}$, $V_{\text{сут}}$, $V_{\text{см}}$, – соответственно количество рабочих часов в год, сутки, смену.

Пример по складу готовой продукции:

$\Pi_{\text{год}} = 185$ т (задание)

$$\Pi_{\text{сут}} = \frac{185000}{262} = 706,1 \text{ т},$$

$$\Pi_{\text{см}} = \frac{185000}{262 \cdot 2} = 353,1 \text{ т},$$

$$\Pi_{\text{час}} = \frac{185000}{4192} = 44,13 \text{ т},$$

Результаты вычислений сводим в таблицу П.3.

Расчёт производительности предприятия

Наименование технологической стадии	Ед. из- мере- ния	Производительность			
		час	сутки	смену	год
1. С.Г.П. с учетом потерь на хранение 0,5%	$\frac{т}{м^3}$	<u>44,13</u>	<u>353,1</u>	<u>706,1</u>	<u>185000</u>
		401	321	641,9	168182
	$\frac{т}{м^3}$	<u>44,3</u>	<u>354,4</u>	<u>708,8</u>	<u>185706</u>
		40,3	322,2	644,4	168824
2. Помол с учетом потерь на транспор- тировку и с учетом потерь на помол 0,5%	$\frac{т}{м^3}$	<u>44,5</u>	<u>356</u>	<u>712</u>	<u>186544</u>
		40,5	323,6	647,3	169585
	$\frac{т}{м^3}$	<u>44,7</u>	<u>357,6</u>	<u>715,2</u>	<u>187382</u>
		40,6	325,1	650,2	170347
3. Сушка с учетом потерь на транспор- тировку и с учетом потерь на W 7%	$\frac{т}{м^3}$	<u>44,9</u>	<u>359,2</u>	<u>718,4</u>	<u>188221</u>
		40,8	326,5	653,1	171110
	$\frac{т}{м^3}$	<u>48,0</u>	<u>384,3</u>	<u>768,7</u>	<u>201396</u>
		43,6	349,4	698,8	183087
4. Дробление с уче- том потерь на транспортировку и с учетом потерь на дробление 0,5%	$\frac{т}{м^3}$	<u>48,2</u>	<u>385,6</u>	<u>771,2</u>	<u>202054</u>
		43,8	350,5	701,1	183685
	$\frac{т}{м^3}$	<u>48,4</u>	<u>387,2</u>	<u>774,4</u>	<u>202893</u>
		44	352	704	184448
5. Склад сырья с учетом потерь на транспортировку и с учетом потерь на хранение 0,5%	$\frac{т}{м^3}$	<u>48,6</u>	<u>388,8</u>	<u>777,6</u>	<u>203731</u>
		44,2	353,5	706,9	185210
	$\frac{т}{м^3}$	<u>48,8</u>	<u>390,4</u>	<u>780,8</u>	<u>204570</u>
		44,4	359,9	709,8	185973

Владимир Андреевич Поскребышев
Татьяна Николаевна Радина
Игорь Михайлович Ефремов

**МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
И ИЗДЕЛИЙ**

Учебное пособие

Подписано в печать 8.05.2002 г.

Формат 60 × 84 ¹/₁₆

Печать трафаретная

Уч.-изд. л. 7,8. Усл. печ. л. 7,8.

Тираж 300 экз. Заказ

Отпечатано в издательстве БрГТУ
665709, Братск, ул. Макаренко, 40