

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Братский государственный университет»

В.А. Поскребышев
А.А. Зиновьев
Н.А. Лохова
А.Б. Исько
С.А. Белых

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Учебное пособие

Рекомендовано Московским государственным строительным университетом в качестве учебного пособия для студентов ВПО, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов 270100 «Строительство» по специальности 270106 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

Братск 2009

УДК 691.002.5

Поскрёбышев, В.А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий: учеб. пособие / В.А. Поскрёбышев, А.А. Зиновьев, Н.А. Лохова, А.Б. Исько, С.А. Белых. – 2-е изд., перераб. и доп. – Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2009. – 378 с.

ISBN 978-5-8166-0261-7

В пособии дана подробная информация о механическом оборудовании, используемом в производстве строительных материалов и изделий. Приведены методики технологического расчета дробильно-сортировочного и помольного оборудования, аппаратов для сушки строительных материалов и очистки воздуха и газов от пыли, машин для производства цементобетонных смесей и оборудования для изготовления керамических материалов.

В приложениях широко представлены примеры составления технологических схем (в процессах и аппаратах) и технические характеристики оборудования.

Предназначено для студентов специальности 270106.65 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

Библиогр. 32 назв. Ил. 188. Табл. 141. Приложения 6.

ISBN 978-5-8166-0261-7

© ГОУ ВПО «Братский государственный университет», 2009
© В.А. Поскрёбышев, А.А. Зиновьев, Н.А. Лохова,
А.Б. Исько, С.А. Белых, 2009

ВВЕДЕНИЕ

Современные экономические отношения в сфере производства строительных материалов и градостроения требуют повышения качества выпускаемой продукции, обеспечения ее конкурентоспособности и соответствия уровню мировых стандартов. Поэтому техническая и технологическая политика в этих отраслях должна быть направлена на модернизацию и автоматизацию подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ с целью сокращения объемов ручного труда.

Применение транспортных машин непрерывного действия позволит не только транспортировать грузы, но и автоматически распределять их по заданным пунктам, складировать и таким образом обеспечивать необходимый ритм производственного процесса.

В период обучения будущий специалист должен научиться применять комплекс машин для транспортирования и приготовления сырья, шихт, строительных материалов с учетом очистки воздуха и газов от пыли.

С этой целью 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 освоения общепрофессиональных и специальных дисциплин, таких как «Вязущие вещества», «Технология бетонов», «Технология стеновых, отделочных и изоляционных материалов» и других, раскрывая основы теории элементарных процессов и общие закономерности проведения отдельных стадий технологических процессов в производстве строительных материалов различного назначения.

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 использо-

ваны также при выборе технологического оборудования в курсовом проекте по дисциплинам «Вязущие вещества», «Механическое оборудование», «Технология стеновых, отделочных и изоляционных материалов» и «Технология заполнителей».

1. ДРОБИЛЬНОЕ И СОРТИРОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дробильное и сортировочное оборудование широко используется в промышленности нерудных строительных материалов при производстве щебня и гравия, а также 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) предварительная сортировка для отделения мелочи перед первичным дроблением;
- 2) дробление сырья для получения требуемых по крупности фракций щебня;
- 3) сортировка продуктов дробления на заданные фракции;
- 4) промывка от глинистых и 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, включающее дробилки, грохоты, промывочные и обезвоживающие машины, классификаторы, вспомогательное оборудование, выпускается в виде отдельных машин, передвижных дробильно-сортировочных установок (ПДСУ), сборно-разборных автоматизированных дробильно-сортировочных линий (САДЛ) и самоходных установок.

1.1. Дробильное оборудование

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

крупное	среднее	мелкое
100...350	40...100	5...40

Операции дробления осуществляют 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. Их конструктивные схемы и основные параметры приведены в табл. 1.1.

1.1.1. 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. 1.1). 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.

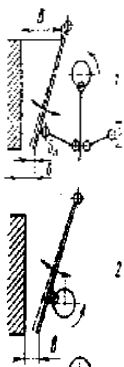
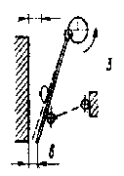
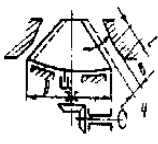
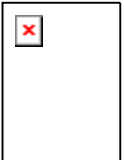
В щековых дробилках с простым движением щеки ход верхней части подвижной щеки меньше, чем нижней, а в дробилке со сложным движением – наоборот. Это обеспечивает последней более эффективное дробление в верхней зоне и способствует повышению производительности.

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 ус-

тановок они используются также для дробления прочных и абразивных материалов.

Таблица 1.1

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

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

Техническая характеристика щековых дробилок приведена в табл. 1.2.

Щековые дробилки с простым движением щеки выпускают с двумя типами механизмов привода подвижной щеки: с распорными плитами (рис. 1.1) и с непосредственным приводом от эксцентрикового вала. Основными конструктивными узлами щековой дробилки с распорными плитами являются: станина 1, подвижная щека 2, шатун 3, распорные плиты 7, фрикционные муфты.

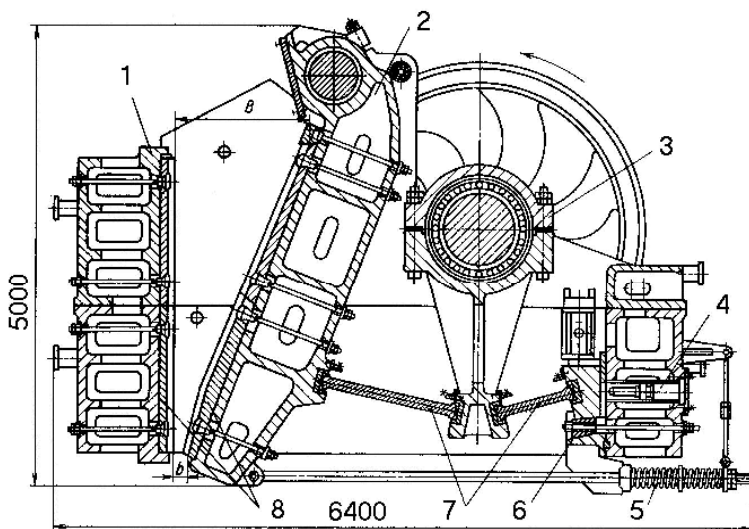


Рис. 1.1. Щековая дробилка с простым движением щеки типа СМД

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.

Подвижная щека 2 – основной рабочий орган щековой дробилки – представляет собой литую плиту коробчатой формы. В верхней части щеки закреплена ось, а в нижней – имеется паз для установки распорной плиты 7 и прилив для крепления тяги замыкающего устройства 5.

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

Производственное объединение «Волгоцеммаш» выпускает щековые дробилки (табл. 1.3), применяемые для первичного дробления известняка, а также для измельчения других материалов: гранитов, базальтов, кварцитов и т.п.

В качестве примера рассмотрим конструкцию *дробилки СМД-117А* (рис. 1.2) с приемным отверстием размером 1 500 × 2 100 мм.

Основными ее узлами 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.

Станина 5 литой конструкции, состоит из двух частей – верхней и нижней – в виде массивных стальных отливок, скрепленных 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.

Таблица 1.2

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		1200×1 500	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		1 100	1 300	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	5 300	3 960	6 400	7 511	1 400	2 500	2 500	3 000
ширина	6 000	4 570	6 800	7 000	1 300	2 400	2 400	2 500
высота	4 000	3 450	5 000	6 000	1 500	1 900	2 200	2 600
Масса, т	63,2	63,2	123	250	3,0	8,4	10,85	18,5

Таблица 1.3

Техническая характеристика щековых дробилок

Параметры	СМД -117А	СМД -118А	СМД -111А
Производительность, м ³ /ч	600	310	180
Размер приемного отверстия, мм	1 200 × 1 500	1 200 × 1 500	900 × 1 200
Размер загружаемого материала, мм	До 1 300	До 1 000	До 700
Ширина выходной щели, мм	135...225	110...190	95...165
Частота вращения эксцентрикового вала, об/м	2,08	2,5	3,34
Мощность электродвигателя привода, кВт	250	160	90
Габаритные размеры, мм:			
длина	7 500	6 100	5 000
ширина	6 300	5 200	4 450
высота	5 500	4 200	3 300
Масса, т	230	130	70

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, снабженного гидравлическим домкратом для механизации процесса изменения ширины выходной щели. Дробилка имеет массивные маховики 4, которые «аккумулируют» энергию при ходе сжатия. Один из маховиков является одновременно шкивом и соединяется клиноременной передачей с электродвигателем.

К подвижной 3 и неподвижной 1 щекам прикреплены составные дробящие плиты, изготовленные из износостойкой высокомарганцевистой стали и являющиеся основными рабочими органами дробилки. 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».

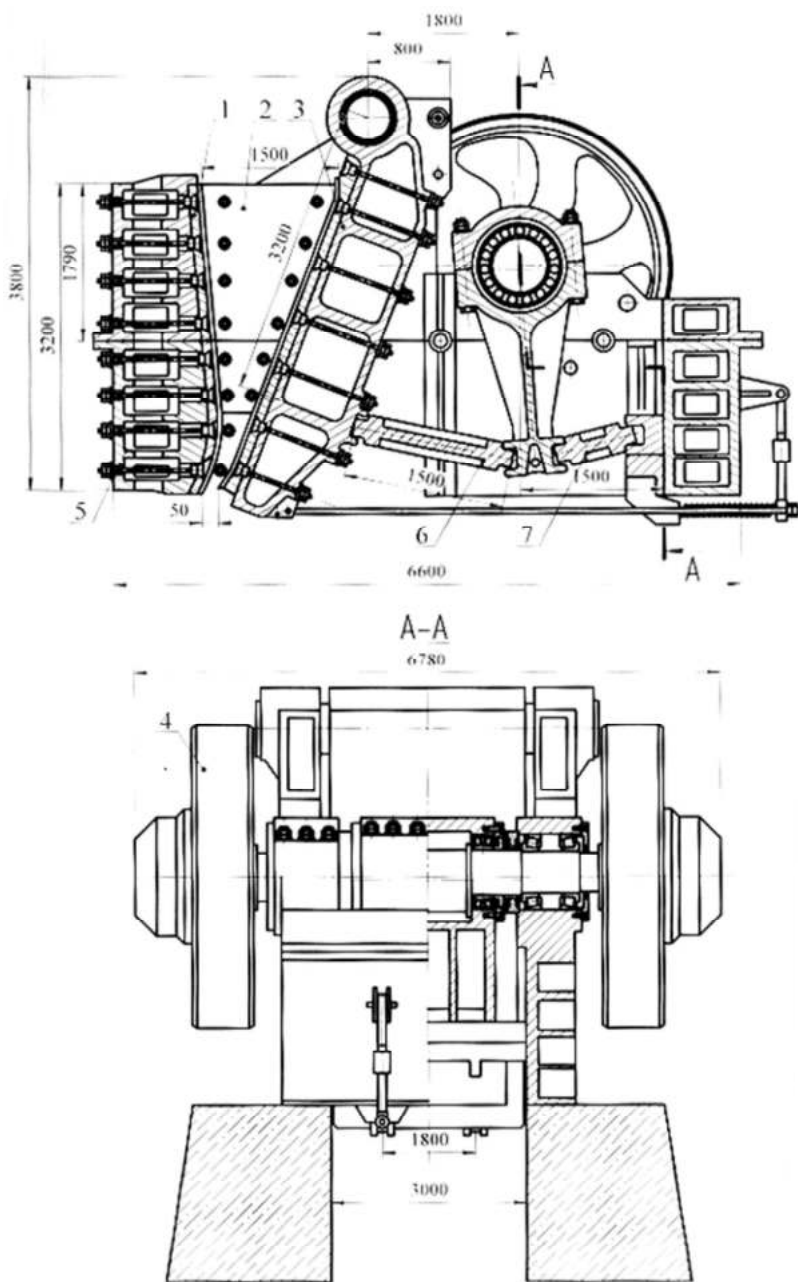


Рис. 1.2. Щековая дробилка СМД-117А производства ПО «Волгоцеммаш»

Конструкция дробилки обеспечивает удобство монтажа, обслуживания и ремонта.

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

1.1.2. 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.

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. 1.4 приведена техническая характеристика роторных дробилок.

Рассмотрим конструкцию ***однороторной дробилки крупного дробления СМД-86А*** (рис. 1.3). Камера дробления образуется ротором *б*, отражательными плитами *1* и *4* и боковыми стенками корпуса. В дробилке две камеры дробления, так как она имеет две отражательные плиты.

Ротор *б* 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 уравно-

вешиванию предъявляют высокие требования. При изготовлении роторы проходят статическую балансировку на стальных горизонтально расположенных ножах, а диаметрально противоположные била подбирают одинаковыми по массе.

Таблица 1.4

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	1 000	1 250	800	1 250	1 600	2 000
длина	1 000	1 250	630	1 000	1 250	1 600
Производительность, м ³ /ч	135	200	60	135	200	370
Размеры приемного отверстия, мм:						
продольный	1 000	1 250	630	1 000	1 250	1 600
поперечный	500	600	550	875	1 100	1 400
Размер наибольшего куска исходного материала, мм	300	375	400	600	800	1 100
Мощность, кВт	125	200	40	100	160	250
Габаритные размеры, мм:						
длина	2 700	3 400	2 500	3 200	4 200	5 600
ширина	2 800	3 200	1 700	2 350	2 900	3 600
высота	2 100	2 800	2 150	2 800	3 500	4 400
Масса, т	10,0	18	6,0	15	30	68

У дробилки СМД- 86А имеется три ряда бил. Число рядов 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 его службы повышается. Била изготавливают из износостойкой высокомарганцевистой стали 110Г13Л.

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 установ-

лены снаружи корпуса дробилки, место прохода вала через корпус дробилки защищено специальным уплотнением. Ротор приводится во вращение асинхронным электродвигателем с фазным ротором через клиноременную передачу.

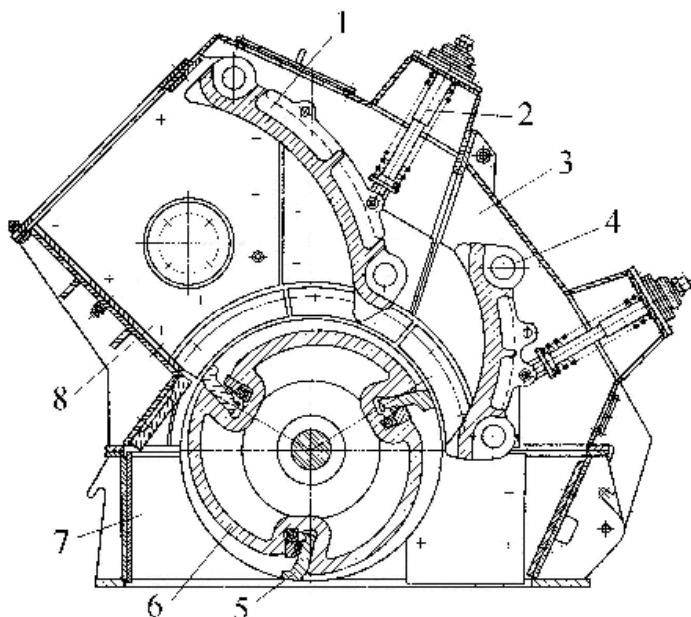


Рис. 1.3. Однороторная дробилка крупного дробления СМД-86А

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 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, расположенная непосредственно рядом 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,

$$d_{\max} = 0,5 \left(\frac{21,3\sigma_p}{\rho v_p^{1,5}} + b \right),$$

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

Производительность, м³/ч,

$$Q = 480 \frac{L_p D_p^{1,5}}{v_p^{0,35} z^{0,5}} k_\beta,$$

где L_p – длина ротора, м; D_p – диаметр ротора, м; v_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,

$$N = \frac{0,02\sigma_p Q(i-1)}{D_{св} \eta_{др} \eta_{п}},$$

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

Однороторная молотковая самоочищающаяся дробилка СМД-102 предназначена для дробления липких и влажных материалов малой и средней прочности: угля, гипса, бокситов, мергеля, известняка, некоторых видов руд и др. (см. табл. 1.5).

Конструкция молотковой самоочищающейся дробилки СМД-102 приведена на рис. 1.4.

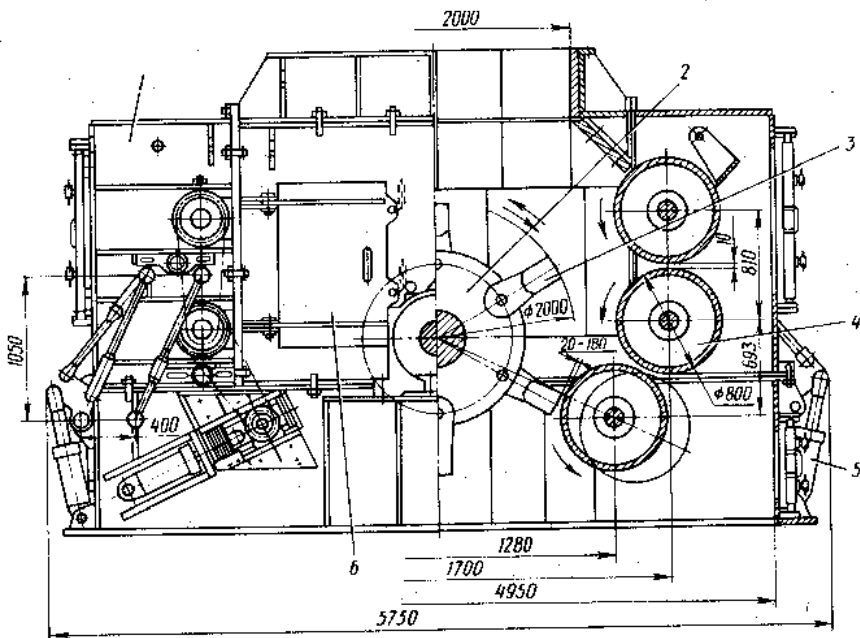


Рис. 1.4. Молотковая самоочищающаяся дробилка СМД-102

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 различную частоту 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. 1.5) предназначена для первичного и вторичного дробления известняка, мела, мергеля, кокса, угля, соли и других материалов с коэффициентом крепости до 6 по шкале Протоdjeяконова.

Таблица 1.5

Техническая характеристика однороторных дробилок

Параметры	СМД-97А	СМД-98Б	СМД-102	СМД-175А
Максимальная производительность, т/ч	700	1 000	600	225
Размеры ротора (валков), мм	2000×2000	2000×3000	2000×2000	1500×1200
Максимальный размер, мм: загружаемого материала	600	600	600	900
получаемого продукта	0...15	0...15	0...100	0...100
Частота вращения ротора, об/с	10	10	10	—
Мощность электродвигателей, кВт	800	1200	800	110
Габаритные размеры, мм:				
длина	4 000	4 000	5 750	5 000
ширина	4 200	5 500	6 200	6 300
высота	3 100	3 100	3 500	2 100
Масса, т	46	54	62	31

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

Несущая сварная металлическая рама служит опорой для валков и кожуха. Каждый валок состоит из вала с двумя дисковыми ступицами. В них крепятся сменные сегменты, образующие рабочую цилиндрическую поверхность валка, дробящие зубья которого 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 валка в случае попадания в зазор между двумя валками недробимого предмета. Поджатие подвижного валка 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 валка, 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 (рис. 1.5) с высокой степенью измельчения предназначена для дробления известняка крупностью до 1 000...1 100 мм с глинистыми включениями до 20 % и средней влажностью до 14 % (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Техническая характеристика двухроторных дробилок

Параметры	СМЦ-85	СМД-209
Производительность, т/ч	500	100
Крупность продукта, мм:		
исходного	До 1 100	До 300
готового	0...40	0...40
Влажность материала, %:		
начальная	До 14	До 20
конечная	–	До 6
Размеры ротора, мм	1 600 × 2 250	1 600 × 1 650
Окружная скорость бил ротора, м/с	35...45	42
Мощность электродвигателей привода дробилки, кВт	1 260	150
Масса дробилки, т	150	55

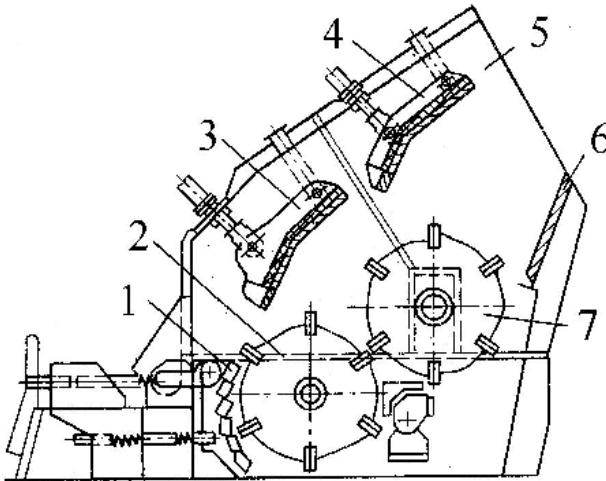


Рис. 1.5. Двухроторная дробилка СМЦ-85

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. 1.6). Техническая характеристика дробилки приведена в табл. 1.5.

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 жесткозакрепленными 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.

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 быстровращающихся роторов глина из-

мельчается, 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.

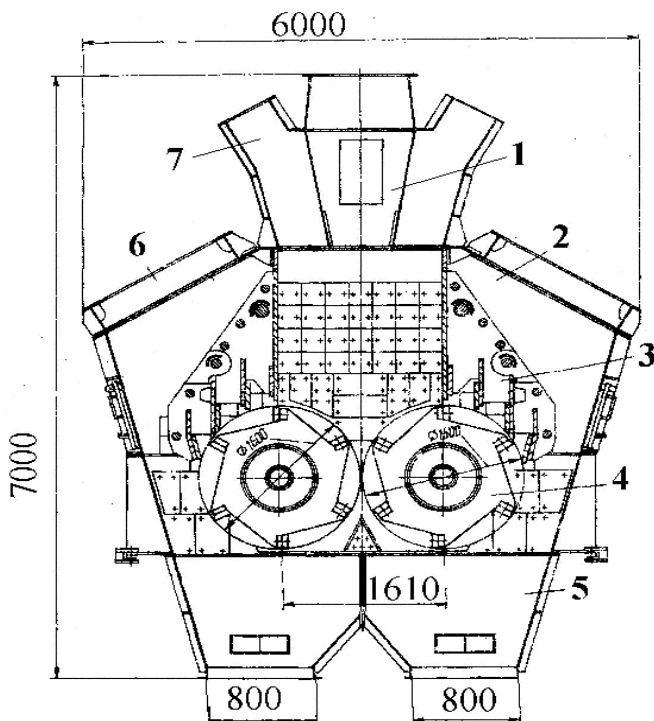


Рис. 1.6. Двухроторная дробилка-сушилка СМД-209

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».

1.1.3. Молотковые дробилки

Молотковые дробилки используются для первичного дробления пород небразивных хрупких, мягких и средней прочности (известняк, мел, гипс, асбестовая руда, кирпичный бой, каменный уголь, глина, мергель, твердый известняк и т.п.) с естественной влажностью не более 8...10 %. Они применяются также для вторичного дробления материала размером 100...200 мм до 20 мм и мельче. Для дробления вязких или липких материалов, а также материалов с влажностью свыше 15 % молотковые дробилки непригодны. Для материалов, способных к забиванию, применяются молотковые дробилки с подвижной плитой.

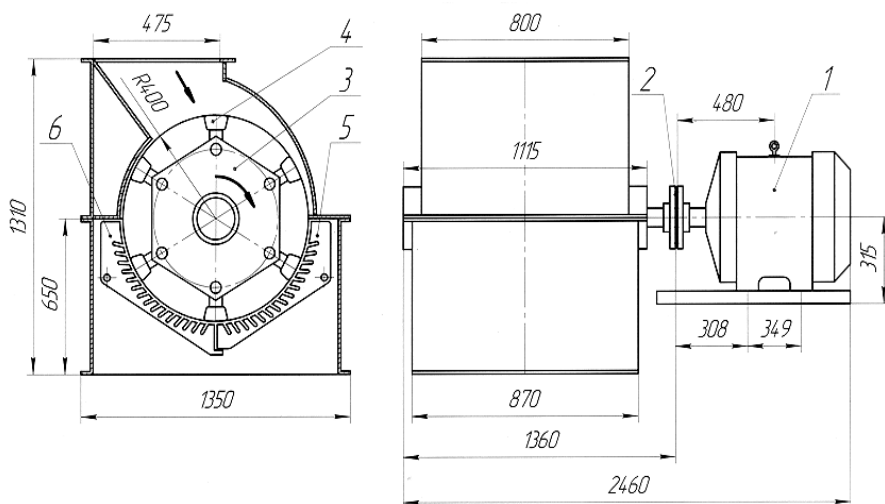


Рис. 1.7. Молотковая дробилка СМД 147А:

1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – ротор; 4 – молотки; 5, 6 – плиты

В молотковых дробилках (рис. 1.7) материал измельчается за счет удара быстровращающихся молотков 4 по кускам материала, ударов кусков друг о друга и о броневые плиты 5, 6, на которые материал отбрасывается.

Достоинство молотковых дробилок состоит в невысоких удельных энергозатратах. Дробление ударом в этой дробилке дает

больший эффект измельчения, чем дробление раздавливанием. К достоинствам молотковых дробилок относятся также: простота и компактность конструкции, достаточная надежность, небольшой вес, непрерывность работы, большая производительность.

Молотковые дробилки различаются по способу крепления молотков, их расположению, числу роторов Z , по направлению их вращения (реверсивные и нереверсивные), по форме дробящих плит, по типу и положению загрузочного устройства.

Молотковая дробилка СМД 147А.00.00.000 (см. рис. 1.7) относится к однороторным нереверсивным дробилкам со степенью дробления 12.

Таблица 1.7

Техническая характеристика молотковой дробилки СМД 147А

Наименование показателя	Значение
Производительность, т/ч:	10...14
на известняке	18...24
на угле	
Размер загружаемого материала, мм	200
Ширина разгрузочной щели, мм	13
Размер получаемых кусков, мм	До 13
Мощность двигателя, кВт	55
Частота вращения ротора, об/мин	1 000
Размеры ротора, мм:	
диаметр	800
длина	600
Габаритные размеры дробилки, мм:	
длина	2 460
ширина	1 350
высота	1 310
Масса дробилки с электродвигателем, т	2,7

1.1.4. 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 зона сближения (дробление) и зона отхода конусов (разгрузка). Обе зоны

диаметрально противоположны и перемещаются по окружности в соответствии с вращением эксцентрикового вала дробилки.

Верхнее кольцеобразное сечение камеры дробления – приемное отверстие, нижнее – выходная щель. Наименьшее расстояние между окружностями кольца щели является ее шириной. То есть щель измеряется в зоне сближения конусов.

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

Конусные дробилки классифицируют в зависимости от 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, отличающиеся формой и размерами камеры дробления.

Техническая характеристика конусных дробилок приведена в табл. 1.8, 1.9.

Рассмотрим конструкцию конусной дробилки типа КСД-600 (рис. 1.8). Основными ее сборочными единицами 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 конусный 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 затвер-

дении расширяется, образуя надежный контакт между обеими деталями.

Таблица 1.8

*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	1 200	1 750	2 200	3 000
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	1 800	2 500	3 500	4 400	5 500	7 000
ширина	1 600	2 000	2 500	3 400	4 300	5 500
высота	1 600	2 400	3 100	4 400	5 100	6 500
Масса, т	5,0	12,5	22	55	100	250

На верхней части вала закреплена распределительная тарелка 1, которая при работе дробилки 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 2,0...2,5° и пересекается с осью дробилки над зоной приемного отверстия.

Таблица 1.9

Техническая характеристика конусных дробилок КМД
исполнения Гр и Т

Показатели	КМД-1200	КМД-1750	КМД-2200	КМД-3000
Диаметр основного дробящего конуса, мм	1 200	1 750	2 200	3 000
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	3 500	4 400	5 500	7 000
ширина	2 500	3 400	4 300	5 500
высота	3 100	4 400	5 700	7 100
Масса, т	22	55	100	250

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. Последний приводится во вращение клиноременной передачей 16 от электродвигателя.

На верхнюю часть станины 9 устанавливают опорное кольцо 8, прижимаемое к станине винтовыми пружинами 13, расположенными равномерно по окружности. На внутренней поверхности 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.

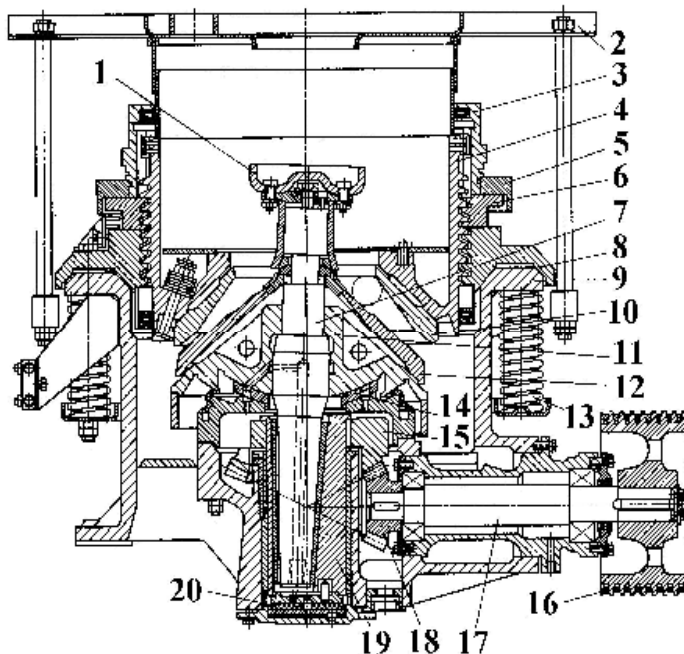


Рис. 1.8. Конусная дробилка среднего дробления КСД-600

Изменение выходной щели дробилки достигается проворачиванием корпуса неподвижного конуса по резьбе с помощью специального регулировочного механизма, выполняемого в виде механического или гидравлического домкрата (рис. 1.9). Регулировочный механизм конусной дробилки КСД-600 состоит из двух гидроцилиндров 1, собачек поворота 2 и стопорных 3, контргайки 6 (см. рис. 1.8), соединенной с установочным кольцом 5, и стакана 4 с зубчатым венцом на наружной поверхности. Гидроцилиндры прикреплены одним концом к опорному кольцу 6, а вторым – к контргайке 6 (см. рис. 1.8) (установочному кольцу 5). При этом крепление одного из гидроцилиндров выполняется через собачку поворота 2 к контргайке 6 (см. рис. 1.8) и через стопорные собачки 3 – к опорному кольцу. Этим гидроцилиндром производится одно-

временно управление положением собачек. Гидроцилиндры последовательно выполняют следующие операции: расконтривание контргайки, поворот конуса 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.

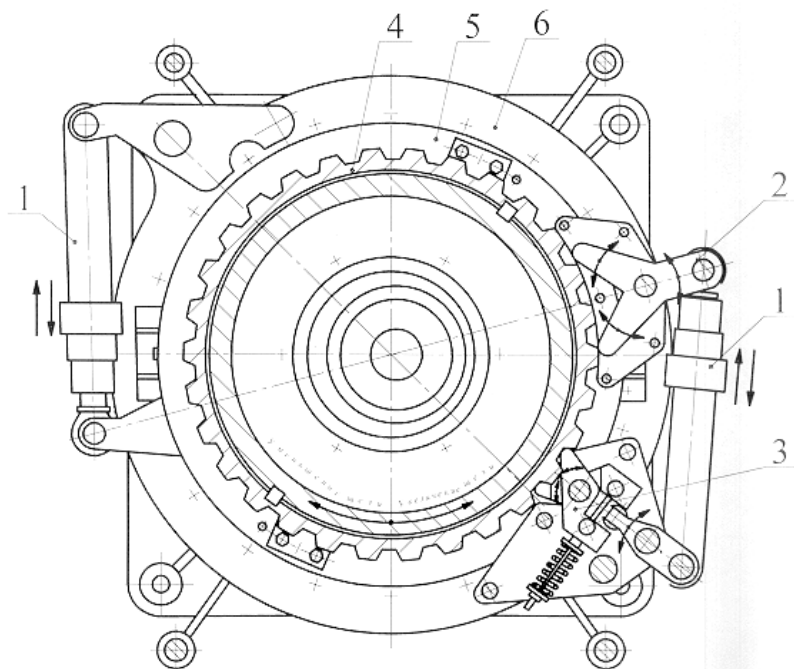


Рис. 1.9. Схема регулировочного механизма конусной дробилки КСД-600

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, оно поднимается вверх по зазорам вдоль поверхностей валов и 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.

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 к размеру выходной щели 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. 1.9); l – длина параллельной зоны, м; D – диаметр основания дробящего конуса, м.

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

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

1.2. Методика технологического расчета дробильного оборудования

По заданным характеристикам определяют степень дробления материала i :

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

где 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 табл. 1.10.

Таблица 1.10

Степени измельчения материала для разных типов дробилок

Тип дробилки	Степень измельчения i
Щековые и конусные крупного дробления	3...5
Конусные среднего и мелкого дробления: в открытом цикле в закрытом цикле	3...5
	4...7
Роторные и молотковые	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.

Далее определяют расчетную производительность дробильного узла Q_1 :

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

где $Q_{зад}$ – заданная производительность узла; K_n – коэффициент неравномерности подачи материала, принимается в пределах от 1,1 до 1,5; $K_{н}$ – 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...2,0 раза больше максимального размера кусков загружаемого материала (Д).

В зависимости от заданной производительности и выбранного типа дробилки по графикам (рис. 1.10) определяют размер ее выходной щели e_1 .

Зерновой состав дробленого материала рассчитывают после первой стадии дробления. Для этого сначала вычисляют отношение d_1/e_1 , затем по графикам (рис. 1.11) 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.

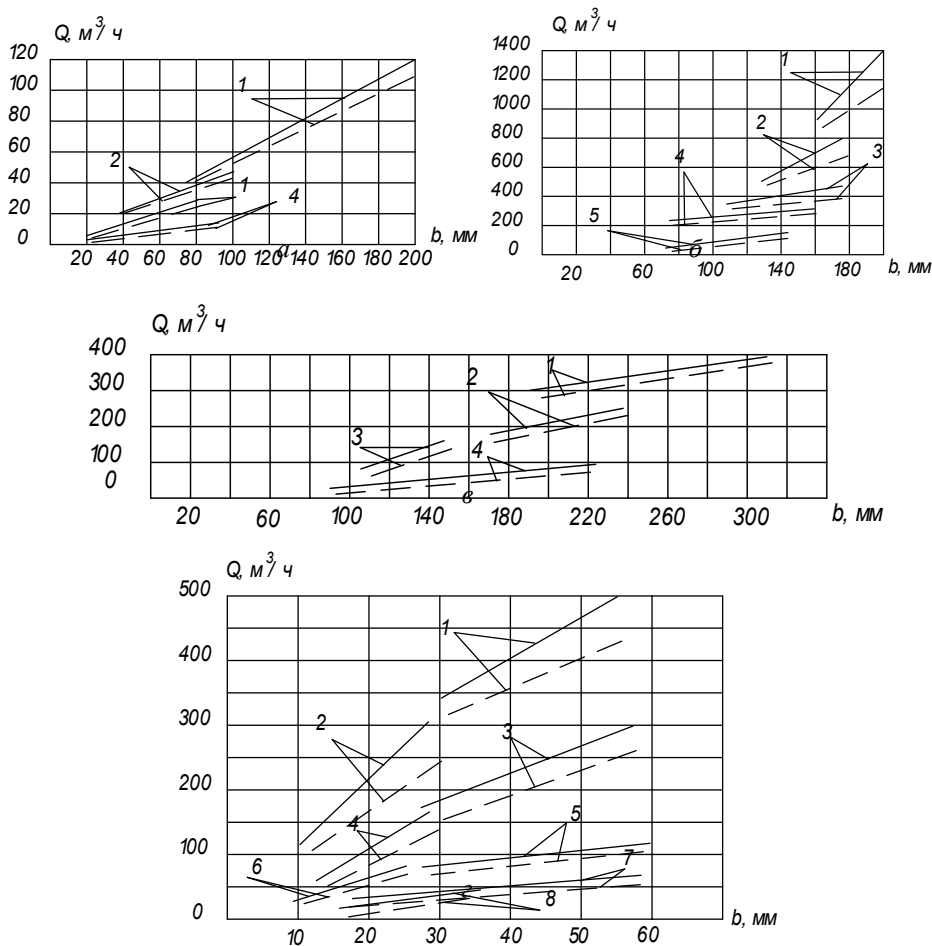


Рис. 1.10. Зависимость производительности

щековых и конусных дробилок от величины выходной щели b :

- a* – щековые дробилки со сложным качанием щеки; 1 – СМ-16Д; 2 – СМ-741; 3 – СМ-166А; 4 – СМ-182; *б* – конусные дробилки крупного дробления; 1 – ККД-1500; 2 – ККД-1200; 3 – ККД-900; 4 – ККД-700; 5 – ККД-5СО; *в* – щековые дробилки с простым качанием щеки; 1 – 1500×1200; 2 – 1200×1500; 3 – 900×1200; 4 – 600×900; *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

Результаты вычислений заносят в таблицу (форма табл. 1.11).

Зерновой состав щебня

Фракции, мм	d_1/ϵ_1	Полные остатки	Частные остатки
0...3	$3/\epsilon_1 =$	$A_1 =$	$A_2 =$
3...10	$10/\epsilon_1 =$		
10...20	$20/\epsilon_1 =$		
20...40	$40/\epsilon_1 =$		
Более 40	—		

Далее производят подбор дробилок второй стадии дробления. Но вначале определяют производительность второй дробилки:

$$Q_2 = c \cdot Q_1,$$

где Q_1 – расчетная производительность дробильного узла; c – доля продукта, требуемого для повторного дробления, определяемая по данным табл. 1.11.

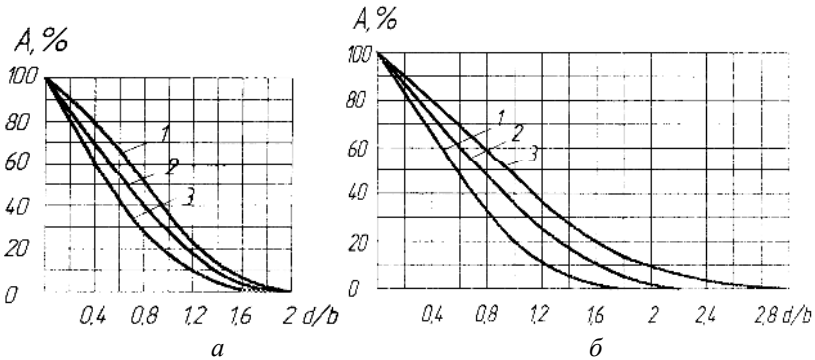


Рис. 1.11. Типовые характеристики крупности продуктов дробления: *a* – щековых дробилок; 1 – твердых пород; 2 – средней твердости; 3 – мягких; *б* – конусных дробилок для пород средней твердости; 1 – дробилки крупного дробления серии ККД; 2 – среднего дробления КСД; 3 – мелкого дробления КМД; (*a/b* – крупность в долях ширины разгрузочной щели)

Предельную крупность загружаемого щебня вычисляют по формуле

$$D^1 = \epsilon_1 \cdot \phi,$$

где D^1 – максимальная крупность щебня, загружаемого во вторую стадию; ϵ_1 – ширина разгрузочной щели дробилки, установленной на первой стадии; ϕ – коэффициент, определяемый точкой пересечения

чения соответствующей кривой зернового состава с осью абсцисс (рис. 1.11).

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 первой стадии, и приводят в виде таблицы (форма табл. 1.12).

Форма таблицы 1.12

Зерновой состав материала после второй стадии дробления

Фракции, мм	d_1/b_1	Полные остатки, %	Частные остатки, %
0...3	$3/b_2 =$		
3...10	$10/b_2 =$		
10...20	$20/b_2 =$		
20...40	$40/b_2 =$		
Более 40	–		

Примечание. b_2 – ширина разгрузочной щели дробилки второй стадии.

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

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

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 % фракций, превышающих по размеру кусков заданное максимальное значение, то щебень необходимо подвергнуть классификации, то есть рассеву на грохоте.

1.3. 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.

1.3.1. Грохоты

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 и 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°).

Колосниковый инерционный грохот тяжелого типа (ГИТ) СМД-113 (рис. 1.12) 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 служит также защитой вала от изнашивания.

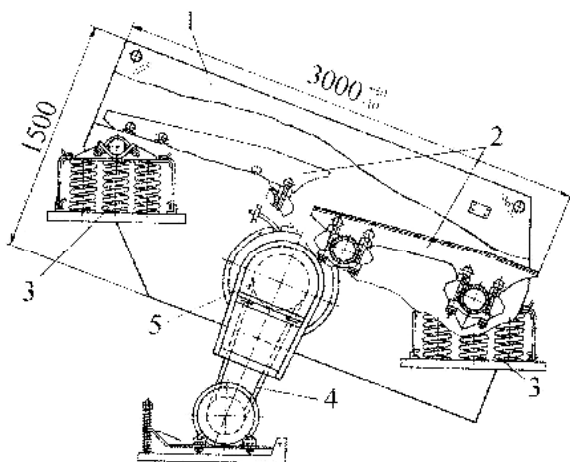


Рис. 1.12. Колосниковый инерционный грохот тяжёлого типа (ГИТ) СМД-113

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.

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 сита, выполненные из металлической сетки, 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 или чисто динамически. В первом случае грохоты называются самобалансными, имеющими привод на один из валов, во втором – самосинхронизирующимися, имеющими привод на каждый из валов. При вращении валов на коробе грохота возбуждаются гармонические прямолинейные колебания, направленные под углом к поверхности сита 35...45°.

Грохоты типа ГСС благодаря меньшим установочным размерам по высоте получили применение на передвижных дробильно-сортировочных установках. Техническая характеристика грохотов приведена в табл. 1.13.

Таблица 1.13

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	1 250	1 500	1 500	1 750	2 000	2 500
длина	3 000	3 000	3 750	4 500	5 000	6 000
Размер загружаемого материала, мм	До 100	До 1 000	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	15,0	15,0	16,5
Амплитуда колебаний, мм	9	3,5...4,0	4,0...4,2			4
Установленная мощность, кВт	5,5	17	10	17	17	30
Габаритные размеры, мм:						
длина	3 750	3 050	4 500	5 080	5 880	6 700
ширина	1 930	2 200	2 400	2 440	2 620	3 036
высота	1 500	1 500	1 300	1 230	1 390	3 250
Масса, кг	2 200	5 600	3 300	3 800	5 650	9 000

Виброгрохоты широко используют для промывки материалов от засорения илистыми и пылевидными частицами, а также для

обезвоживания щебня. Выпускают также специальные вибрационные виброобезвоживатели.

1.3.2. 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; воздушная – 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.

Таблица 1.14
Техническая характеристика спиральных классификаторов

Показатели	КС1-3×30	КС1-48×45	КС1-7,5×55	КС1-12×65
Диаметр спирали, мм	300	480	750	1 200
Длина ванны, мм	3 000	4 500	5 500	6 500
Число спиралей	1			
Частота вращения спирали, мин ⁻¹	25,0	12,0	7,8	8,5
Крупность зерен, поступающих в слив, мм	0,830...0,155			
Установленная мощность, кВт	1,1; 0,55	3,0; 0,55		5,5; 1,5
Габаритные размеры, мм:				
длина	3 920	5 440	7 100	7 610
ширина	795	985	1 280	1 675
высота	942	1 292	1 542	1 675
Масса, кг	775	1 230	2 250	5 480

Среди механических наибольшее распространение получили 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. 1.14.

Исходный материал подают вместе с водой в нижнюю часть ванны. Крупные частицы оседают на дне; 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 Q , 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/м³; k_α – коэффициент, учитывающий угол наклона ванны α :

α, \dots°	14	15	16	17	18	19	20
k_α, \dots	1,12	1,10	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94

1.4. Методика технологического расчёта грохотов

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

Производительность грохотов (при сухой сортировке) находят по формуле

$$Q = F \cdot q_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot m,$$

где Q – количество щебня, которое необходимо отделить; F – площадь сита, м²; q_0 – удельная производительность грохота для определенного размера сит (табл. 1.15), м³/(ч·м²); K_1 – коэффициент, учитывающий угол наклона грохота (табл. 1.15); для горизонтального грохота $K_1 = 1$; K_2 – коэффициент, учитывающий процентное содержание нижнего класса в исходном материале (табл. 1.15); K_3 – коэффициент, учитывающий процентное содержание в нижнем классе зерен размером меньше половины одного отверстия си-

та (табл. 1.15); m – коэффициент, учитывающий неравномерность питания и зернового состава материала, форму зерен и тип грохота.

Таблица 1.15

Техническая характеристика спиральных классификаторов

Размер квадратного отверстия сита, мм	q_0	Угол наклона сита, ...°	K_1	Содержание в исходном материале зерен нижнего класса, %	K_2	Содержание в нижнем классе зерен, размеры которых меньше ½ размера отверстия, %	K_3
5	12	9	0,45	10	0,58	10	0,63
7	16	10	0,5	20	0,66	20	0,72
10	23	11	0,56	30	0,76	30	0,82
14	32	12	0,61	40	0,84	40	0,91
16	37	13	0,67	50	0,92	50	1,0
18	40	14	0,73	60	1,0	60	1,09
20	43	15	0,8	70	1,08	70	1,18
25	46	16	0,86	80	1,17	80	1,28
35	56	17	0,92	90	1,25	90	1,37
37	60	18	1,0				
40	62	19	1,08				
42	64	20	1,18				
60	80	21	1,28				
70	82	22	1,37				

Значения коэффициента m следующие:

Виброгрохот:

горизонтальный
наклонный

Гравий Щебень

0,80 0,65
0,60 0,50

В соответствии с полученным значением площади сита F по справочникам выбирают марку грохота.

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?
- Перечислите основные характеристики зернового состава строительных материалов.

2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СУШКИ И ОБЖИГА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сушильные барабаны предназначены для сушки сыпучих материалов топочными газами. Они применяются в промышленности строительных материалов в различных технологических линиях для тепловой сушки известняка, глины, песка, мела и других сыпучих материалов крупностью частиц до 60 мм.

2.1. Сушильные барабаны

Сушильный барабан СМЦ-15 предназначен для подсушки высоковлажного кускового известняка перед помолом его в мельницах. Основными частями барабана (рис. 2.1) являются корпус 9 с насаженными на него бандажами 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 загрузочного 4 и разгрузочного 13 концов. Техническая характеристика СМЦ приведена в табл. 2.1 и 2.2.

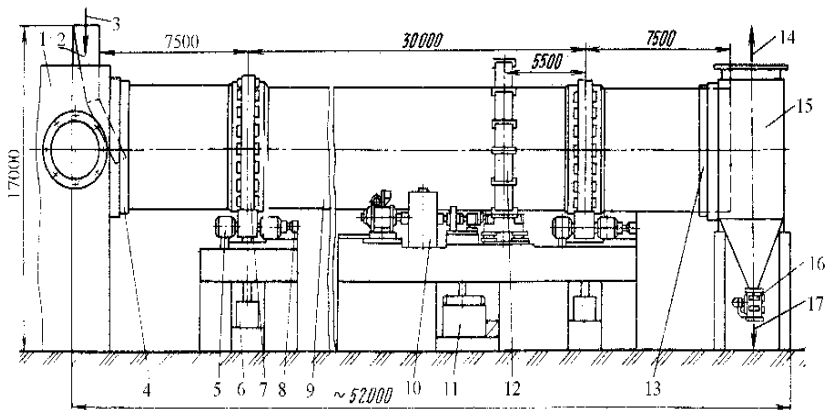


Рис. 2.1. Сушильный барабан СМЦ-15:

- 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 подвенцовой шестерни; 12 – зубчатый венец; 13 – уплотнение загрузочного конца барабана;
- 14 – выход отработавших сушильных газов; 15 – разгрузочная камера;
- 16 – шлюзового затвор; 17 – выгрузка подсушенного известняка

Таблица 2.1

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, раз- бавленных 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	1 420
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	1 300

Таблица 2.2

Техническая характеристика сушильных барабанов

Показатели	СМЦ-15	3,5×27М	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

Примечание. Описание оборудования для сушки и обжига керамических материалов приведено в прил. 5, табл. П.5.32–5.38, и прил. 6.

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, которые получают 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.

2.2. Агрегаты для совмещенных процессов помола и сушки сырьевых материалов

Для помола и одновременной сушки сырьевых материалов с начальной влажностью до 7..8 % ПО ВНИИЦеммаш и заводом «Волгоцеммаш» разработаны и выпускаются агрегаты с трубными мельницами размером 4,210 м.

Агрегат СММ-2,4 с мельницей размером 4,2×10 м (рис. 2.2) включает собственно мельницу 8, проходной сепаратор 24 диаметром 5,5 м, шлюзовую затвор 7, затворы-мигалки 25, ячейковые затворы 19, дымосос ДЦ 25×2 16, питатели 6 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, течку 10.

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 мельни-

цы 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 работающем помольном агрегате горячие сушильные газы подаются в него из топки 1 по газоходу 3.

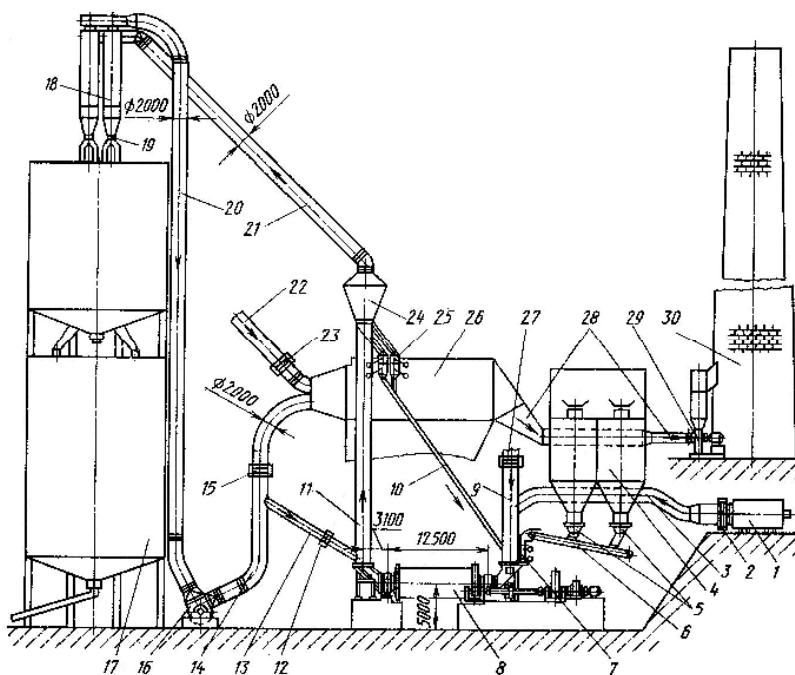


Рис. 2.2. Схема агрегата СММ-2,4 для помола и сушки сырья с мельницей размером 4,2×10 м:

- 1 – топка; 2 – шибер; 3 – газоход подачи горячих газов; 4 – бункера 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

В мельнице материал размалывается, подсушивается и выносятся потоком газа в проходной сепаратор 24, где из пылегазовой

смеси выделяются наиболее крупные недомолотые частицы материала; через затворы-мигалки 25 крупка по течке 10 направляется обратно в мельницу на домол. Готовый продукт вместе с газом из сепаратора по газоходу 21 поступает в батарею циклонов 18, расположенных над силосом сырьевой муки 17; в циклонах готовая сырьевая мука выделяется из пылегазового потока и через ячеиковые затворы 19 ссыпается в силос.

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 28 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 29 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 устанавливаются 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.

2.3. 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 Π_1 , кг/с:

$$\Pi_1 = \frac{Q \cdot 1000}{3600},$$

где Q – заданная производительность барабана по выходу материала, т/ч.

По выходу влаги вычисляют производительность барабана Π_2 , кг/с:

$$\Pi_2 = \Pi_1 \cdot \left[\left(\frac{W_1}{100 - W_1} \right) - \left(\frac{W_2}{100 - W_2} \right) \right],$$

где Π_1 – производительность барабана по выходу материала, кг/с; W_1 – начальная влажность материала, %; W_2 – конечная влажность материала, %.

Рабочий объём сушильного барабана V , м³, определяют по формуле

$$V = \frac{3600\Pi_2}{A},$$

где Π_2 – производительность барабана по выходу влаги, кг/с; A – паросъём, кг/м³ч (принимается для глины 50...60 кг/м³ч; для известняка – 45...65 кг/м³ч).

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

Время прохождения материала через барабан τ , мин, определяют по формуле

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

где β – коэффициент заполнения барабана в долях единицы, равен 0,10...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:

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

где $\operatorname{tg} \alpha$ – тангенс угла наклона сушильного барабана; m, K – коэффициенты, учитывающие условия теплообмена в барабане, принимаются по табл. 2.3; L, D – длина и диаметр барабана, выбираются по справочникам в соответствии с выбранной производительностью барабана; n – частота вращения барабана, принимается по табл. 2.4; τ – время прохождения материала через барабан, мин.

Таблица 2.3

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	0,01...0,02

Таблица 2.4

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

Рабочий объём барабана, м ³	Диаметр барабана D , м	Длина барабана L , м	Частота вращения барабана n , об/мин	Рабочий объём барабана, м 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	2,0...6,0
38	2,0	12	3,2...6,4	259	3,5	27	2,0...6,0
53	2,2	14	3,2...6,4	352	4,0	28	2,0...6,0
88	2,5	18	2,0...6,0	556	4,5	35	2,0...6,0
123	2,8	20	2,0...6,0	686	5,0	35	2,0...6,0
141	3,0	20	2,0...6,0				

Мощность привода сушильного барабана N , кВт, вычисляют по формуле

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

где L – длина барабана, м; D – диаметр барабана, м; ρ – средняя насыпная плотность материала, кг/м³; n – частота вращения барабана, об/мин; δ – коэффициент, учитывающий условия теплообмена в барабане, принимается по данным табл. 2.3.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику 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.

3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОМОЛА МАТЕРИАЛОВ

При производстве цемента, извести, гипса, керамических изделий материалы измельчаются до частиц размером менее десятых долей миллиметра. Процесс помола отличается большой энергоемкостью и стоимостью.

Для помола материалов используют барабанные, среднеходные, ударные, вибрационные и струйные мельницы.

В промышленности строительных материалов преимущественное применение имеют мельницы непрерывного действия, сухого и мокрого помола, работающие в открытом или закрытом цикле. Мельницы периодического действия используют для тонкого помола глин и глазури в производстве тонкой керамики.

3.1. Трубные мельницы

Трубные мельницы СММ-3,5 размером $4,2 \times 10,0$ м и СММ-162 размером $4,6 \times 10,0$ м имеют аналогичные конструкции (рис. 3.1, табл. 3.1).

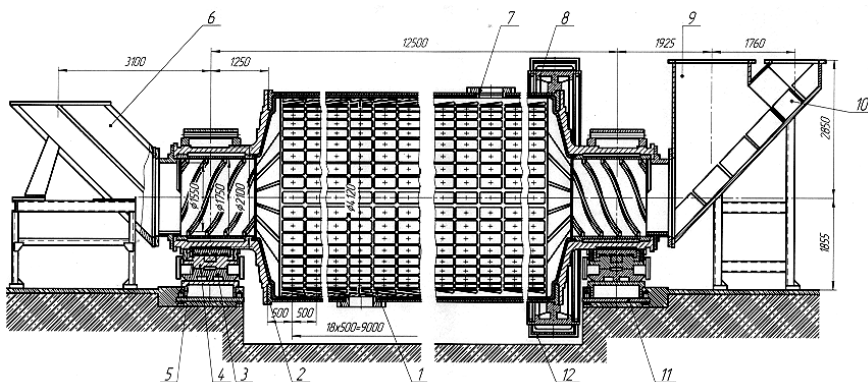


Рис. 3.1. Трубная мельница размером $4,2 \times 10,0$ м

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

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

Таблица 3.1

Техническая характеристика трубных мельниц

Параметры	СММ-3,5	СММ-166
Производительность, т/ч	130	150
Размеры барабана мельницы, мм: внутренний диаметр длина	4 120 10 000	4 600 10 000
Частота вращения мельницы при работе от главного привода, об/мин	15,6	15,1
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	2 000	3 150
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, размо- лоспособностью 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.

Опорами вращающейся части мельницы служат два цапфовых подшипника 5 скольжения. Подшипник со стороны привода – фиксирующий, воспринимающий как радиальные, так и осевые усилия. Подшипник со стороны разгрузки – плавающий, воспринимающий только радиальные усилия. У обоих подшипников имеются чугунные сферические вкладыши 4. Выпуклой сферической поверхностью 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 пришабровываются 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 задиров. 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, а для предохранения от повреждения и уменьшения шума и теплотерь под ними прокладывают асбестовую ткань или другой подобный материал.

Мельница размером 4,2×10,0 м является однокамерной: междокамерную перегородку в барабане не устанавливают.

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

Загрузочный и разгрузочный трубошнеки имеют сварную конструкцию. Спирали в загрузочном трубошнеке способствуют загрузке мельницы материалом, а спирали в разгрузочном трубошнеке служат для возврата недомолотых частиц материала и мелющих тел в барабан.

Разгрузочный патрубок 6, имеющий эллипсоидное сечение, выполнен сварным из листовой стали. Для исключения завала материала его устанавливают на тумбе под углом 45°. К патрубку болтами присоединяют цилиндрическую разгрузочную горловину, внутреннюю поверхность 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 δ , 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 и 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, состоящий 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, смонтированный 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 ее при изнашивании одной стороны зуба.

Оптимальный набор мелющих тел (шаров) выбирают в процессе эксплуатации мельницы, поскольку он зависит от физико-механических свойств и влажности размалываемого материала, качества 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 смещаются в сторону разгрузочной части и участвуют в дроблении и измельчении мелких частиц материала. Со стороны загрузочного конца установлена бронефутеровка из крупносортного проката.

Сырьевая шихта, состоящая из смеси известняка и глины и корректирующих добавок, подается через шлюзовую затвор в загрузочную течку 10 мельницы, откуда ссыпается в трубошnek, смонтированный внутри полый 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 последнего при работающей мельнице сушильные газы в нее подаются из топки, 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, он 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 4,0×13,5; 3,2×15,0; 3,2×8,5; 2,6,0×13; 2,0×10,5 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 помола клинкера с добавками. Мельницу размером 3,2 × 8,5 м используют только для помола сырьевых материалов.

Таблица 3.2

Техническая характеристика трубных мельниц

Параметр	Размер, м				
	4,0×13,5	3,2×15,0	3,2×8,5	2,6×13,0	2,0×10,5
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	3 970	3 200	3 200	2 600	2 000
длина	13 920	15 020	8 520	13 029	10 520
Цапфовые подшипники: диаметр, мм	1 800	1 400	1 400	1 200	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	3 150	2 000	1 000	1 000	500
частота вращения, об/мин	500	100	375	375	750
Масса, т:					
мелющих тел мельницы без мелющих тел и электрооборудования со стальной бронифуговкой	226	140	85	80	32
	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.

Конструкция мельниц размером $3,2 \times 15,0$ м (рис. 3.2) включает:

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

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

Каждая мельница представляет собой пустотный барабан 4, защищенный изнутри от изнашивания бронефутеровочными плитами 6, 8. Барабан разделен на две камеры междукамерной перегородкой 7. Футеровочные плиты обеих камер отлиты из высокостойкой, высоколегированной стали; футеровка второй (по ходу движения материала) камеры мельниц, работающих на мокром помоле сырья, может выполняться из резины специальных сортов (кроме мельниц размером $4,0 \times 13,5$ м).

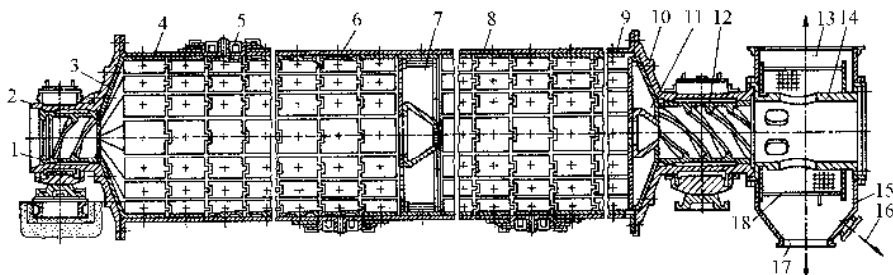


Рис. 3.2. Трубная мельница:

- 1 – загрузочный трубошnek; 2 – загрузочная крышка; 3 – футеровка загрузочной крышки; 4 – корпус барабана; 5 – люк; 6 – футеровка первой камеры; 7 – междукамерная 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 помолу клинкера с добавками; 14 – разгрузочный патрубок; 15 – разгрузочная камера; 16 – выгрузка недомолотого продукта, осколков мелющих тел и т.д.; 17 – течка для выгрузки готового продукта; 18 – sito

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 и разгрузочный патрубок, соединенный болтами с фланцем разгрузочной цапфы. При ремонте 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 позволяет фиксировать мельницу в любом положении.

Материал, подлежащий измельчению, подается в загрузочную течку, из нее он ссыпается в трубошnek 1, закрепленный в полой загрузочной цапфе, выполненной заодно с загрузочной крышкой 2. Вода, необходимая при мокром помоле сырьевых материалов, также подается в загрузочную течку. При вращении мельницы винтовые лопасти трубошнека 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 течку 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 течку 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 футерованную 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 1 800...2 000 часов работы.

Для уменьшения шума во время работы мельницы между бронефутеровочными 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 70 °С. Резиновые плиты крепят к корпусу барабана прижимными брусками (лифтерами) с помощью металлических планок (зажимов), входящих в пазы Т-образной формы, имеющиеся 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 бронефутеровочных плит. Это позволяет повысить эффективность помола и в конечном итоге – 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 изготовляет ПО «Волгоцеммаш» (табл. П.5.1–П.5.4, П.5.6, П.5.7, П.5.9–П.5.13).

3.2. Мельницы для мокрого самоизмельчения сырьевых материалов

Мельницы ММС-70-23 и ММС-50-23 для мокрого самоизмельчения сырьевых материалов типа «Гидрофол» (табл. 3.3) разработаны для мокрого измельчения руд черных и цветных металлов на обогатительных фабриках. Кроме того, 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.

Таблица 3.3

Техническая характеристика мельниц типа «Гидрофол»

Параметры	ММС-70-23	ММС-50-23
Максимальная производительность, т/ч	400	240
Размеры барабана в «свету» без футеровки, м:		
диаметр	7	5
длина	2,3	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	0,45	0,45
мельющими телами	0,04	0,04
Мощность главного электродвигателя, кВт	1 600	630
Масса (без электрооборудования и мельющих тел), т	410	200

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 различаются только размерами.

Подлежащий измельчению материал подается ленточным конвейером или питателем в загрузочную откатную течку / мель-

ницы (рис. 3.3), 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 точку 1.

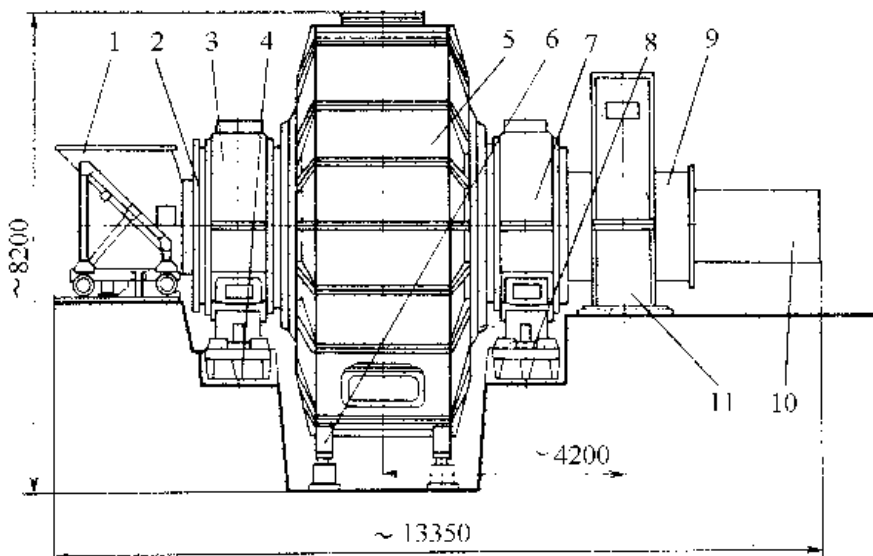


Рис. 3.3. Мельница ММС-70-23 типа «Гидрофол»

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, измельчая при этом в результате удара и истирания о слой материала, который в это время находится в 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. Эта муфта 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 трудноизмельчаемых включений, влажности пульпы и других сопутствующих факторов.

Мельницы изготавливает Сызранский турбинный завод (табл. П.5.5, П.5.8, П.5.26).

3.3. Вертикальные тарельчато-роликовые мельницы

Вертикальные тарельчато-роликовые мельницы СММ-97 и СММ-164 (табл. 3.4) производительностью соответственно 250...300 и 150...200 т/ч разработаны ВНИИЦеммашем. Их производство осваивает ПО «Волгоцеммаш».

Таблица 3.4

*Техническая характеристика
вертикальных тарельчато-роликовых мельниц*

Параметры	СММ-97	СММ-164
Производительность, т/ч	300	200
Диаметр размольной тарелки, мм	4 150	2 800
Количество размольных валков, шт.	3	4
Рабочая частота вращения размольной тарелки, об/мин	22,7	31
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	2 500	2 000
Габаритные размеры, м:		
высота	23,6	1405
ширина	8,8	937
длина	11,3	10,6
Масса, т	700	400

Тарельчато-роликовая мельница (рис. 3.4) имеет вращающуюся в горизонтальной плоскости чашу (тарелку), к которой с определенным усилием поджаты размольные ролики. С помощью электродвигателя через специальный редуктор, входящий в опорно-приводное устройство 5, чаша приводится во вращение. На ее центральную часть 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.

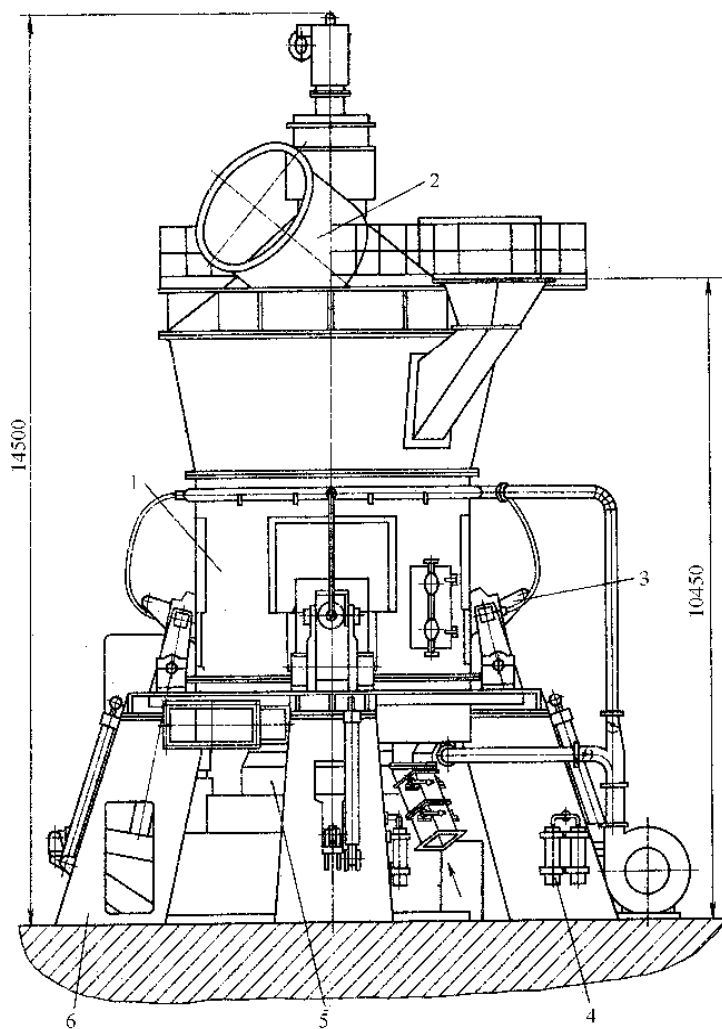


Рис. 3.4. Вертикальная тарельчато-роликовая мельница СММ-164

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.

Сепаратор оснащен лопастным ротором, при вращении которого частицы материала под действием центробежных сил и в результате столкновения 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 помол. 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 и из него периодически удаляются.

В приводе размольной тарелки применен двухступенчатый редуктор. В его верхней части смонтирована неподвижная опорная шайба, которая является основой для упорного подшипника скольжения; редуктор 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. Его соединение с опорно-приводным устройством осуществляется через муфту.

Для смазывания опорно-приводного устройства используется две смазочные станции: одна – для смазывания редуктора, вторая – для смазывания и охлаждения опорного подшипника скольжения; последняя 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° 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 фиксирования натяжной рамы и восприятия окружных усилий, возникающих при помоле.

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

Технические характеристики вертикальных тарельчато-роликовых мельниц приведены в табл. 3.4.

3.4. 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.

Конструкция агрегата СММ-154.1 (рис. 3.5) включает: мельницу 5 размером 4,0 × 13,5 м, циклонный сепаратор 8, ковшовый элеватор 6, камерные пневматические насосы 16, 21 и аэрожелоба 7, 9, 18, весовые дозаторы 12–14, дымосос 2, другое оборудование.

Принцип работы агрегата состоит в следующем. Клинкер и добавки из бункеров через весовые дозаторы 12–14 поступают на ленточный конвейер 15 и по нему загружаются в мельницу 5. Отсюда смесь материалов – готового цемента и недомолотой 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.

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.

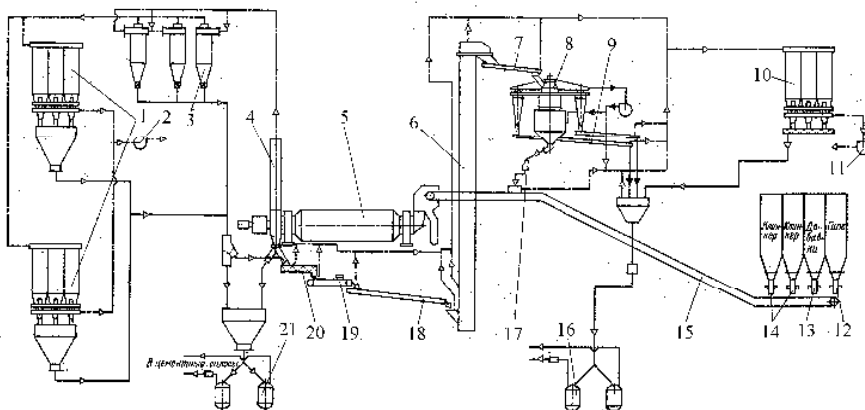


Рис. 3.5. Схема агрегата для помола клинкера с добавками, включая мельницу СММ-154.1

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. Их изготовляет ПО «Волгоцеммаш». Технические данные приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Техническая характеристика агрегатов для помола клинкера с добавками

Параметры	СММ-154	СММ-154.1
Мощность электродвигателей, кВт	4 150	4 000
Удельный расход электроэнергии на помол, кВт·ч/т	40	38,5
Масса, т	560	570

3.5. 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 их подразделяют на шаровые (L/D до 2) и трубные ($L/D = 3 \dots 6$).

При технологическом расчёте вначале в зависимости от заданной производительности по табл. 3.2, 3.3 и 3.5 подбирают мельницу. Ее производительность с учётом всех заданных параметров определяют по формуле

$$Q = 6,45V \cdot \sqrt{D} \left(\frac{m}{V} \right)^{0,8} \cdot q k_n k_m,$$

где V – полезный объём мельницы, m^3 ; D – внутренний диаметр мельницы, м; m – масса мелющих тел, т; q – удельная производительность 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, равный 0,9.

Таблица 3.6

*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...0,040
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	0,10...0,15	0,08...0,10

Массу мелющих тел рассчитывают по формуле

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

где m – масса мелющих тел, т; V – полезный объём мельницы, м³; φ – коэффициент заполнения объёма мельницы мелющими телами, принимаемый от 0,25 до 0,32 (25...32 %); $\rho_{\text{нас}}$ – насыпная плотность мелющих тел, т/м³.

Таблица 3.7

Значения поправочного коэффициента на тонкость помола

Остаток на сите 008, %	$k_{\text{п}}$
15	1,21
10	1,0
5	0,8
2	0,59

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

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?

4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗДУШНОЙ СЕПАРАЦИИ ПРОДУКТОВ ПОМОЛА

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 использовать 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.

4.1. Конструкции воздушных сепараторов

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

Проходные сепараторы (рис. 4.1) принимают исходный материал в виде аэросмеси, а тонкий продукт вместе с воздухом или газом отводится в пылеосадительные 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. 4.2) и вертикально-поточная гравитационная зона (рис. 4.3).

Отличительной особенностью циркуляционных сепараторов (рис. 4.4) является то, что в одном агрегате объединены вентилятор, распылитель для образования пылевоздушной смеси, сепарирующие и пылеосадочные устройства. Исходный материал подается в сепаратор механическим путем.

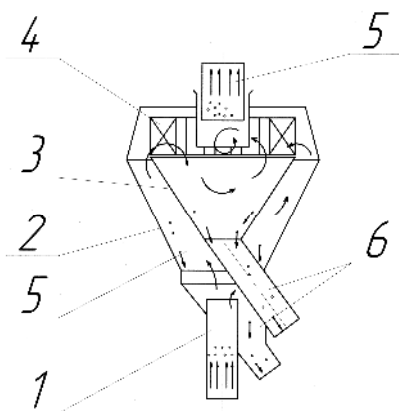


Рис. 4.1. Схема проходного сепаратора:
 1 – патрубок-материалопровод; 2 – конус;
 3 – внутренний конус; 4 – направляющие лопатки; 5 – труба выхода частиц;
 6 – труба продуктоотводящая

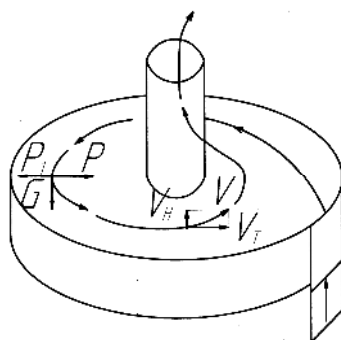


Рис. 4.2. Схема противоточной центробежной зоны

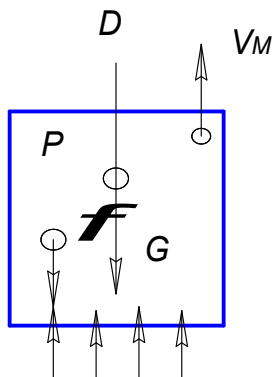


Рис. 4.3. Схема вертикально-поточной гравитационной зоны

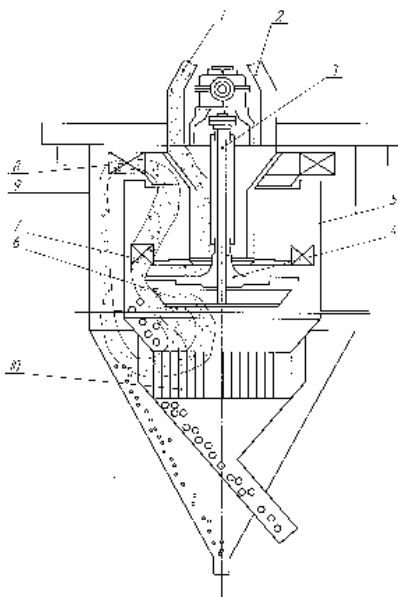


Рис. 4.4. Схема циркуляционного сепаратора

У циркуляционных сепараторов по сравнению с проходными в 2...4 раза меньше энергопотребление, они 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 зона (рис. 4.3), центробежная поперечно-поточная зона (рис. 4.5) и циклонная зоны разделения (рис. 4.6).

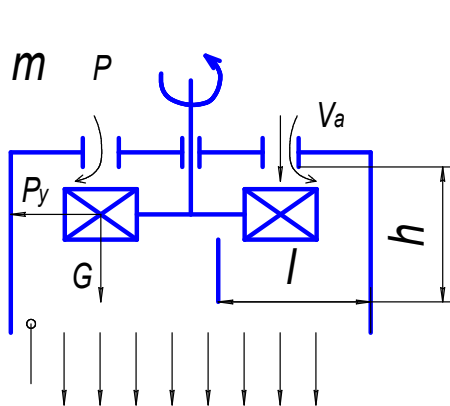


Рис. 4.5. Схема центробежной поперечно-поточной зоны

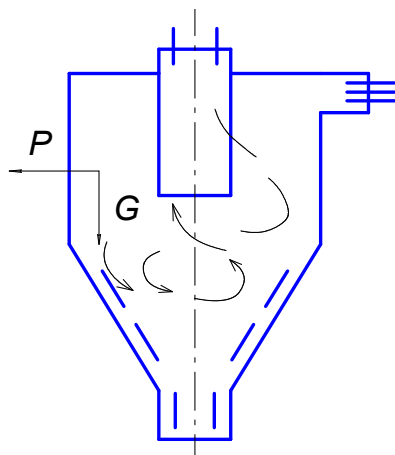


Рис. 4.6. Схема циклонной зоны

4.2. Устройство и принцип работы

В проходных сепараторах (рис. 4.1) воздух с исходным материалом поступает по патрубку *I* 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 отводят-

ся 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.

Общий вид воздушно-проходного сепаратора представлен на рис. 4.7, 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	6 500
входного патрубка	2 600
выходного патрубка	2 600
Объем сепаратора, м ³	104,3
Число направляющих лопаток	32
Угол поворота лопаток, ...°	±40
Габаритные размеры, м:	
высота	12,3
ширина	7,0
Масса, т	30,0

В циркуляционных воздушных сепараторах (рис. 4.4) исходный материал поступает по патрубкам 1 и 2 на вращающийся на валу 3 диск 4, с которого сбрасывается под действием центробежной силы. Крупные частицы под действием силы тяжести падают или под действием центробежной силы отбрасываются к стенкам внутреннего корпуса 5, где теряют скорость и также сползают вниз, образуя «крупный продукт».

Вентилятор 6 и крыльчатка 7, вращаемые вместе с диском 4, засасывают воздух из нижней зоны, который пересекает материал, сбрасываемый с диска, захватывает средние и мелкие частицы и выносит их в зону вращения крыльчатки 8. В этой зоне под дей-

ствием центробежных сил вращающегося потока средние частицы отбрасываются к стенкам корпуса 5 и стекают вниз в крупный продукт. Мелкие частицы вместе с воздухом проходят сквозь вентилятор 6 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 10 поступает во внутренний кожух, захватывая случайно попавшие в крупный продукт мелкие частицы.

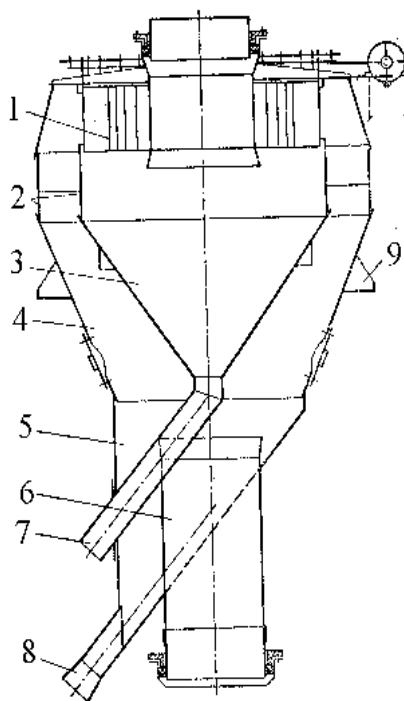


Рис. 4.7. Воздушно-проходной сепаратор:

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

Граница разделения в рассмотренном сепараторе может регулироваться изменением радиуса расположения лопаток крыльчатки 8 и угла установки лопаток жалюзи 10.

Циркуляционные сепараторы выпускаются диаметром 2,8...5,0 м, производительностью 10...30 т/ч (при сепарировании порошков с удельной поверхностью 4 500...50 000 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 5,0 м включает следующие показатели:

Производительность, т/ч	13...15	40
Удельная поверхность материала, см ² /г	2 800...3 000	3 000...3 500
Частота вращения ротора, об/мин	245	180
Установленная мощность, кВт	28	75
Масса, т	9,0	24,6

В воздушно-циркуляционном центробежном сепараторе с выносным вентилятором и внешней зоной осаждения (рис. 4.8) 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.

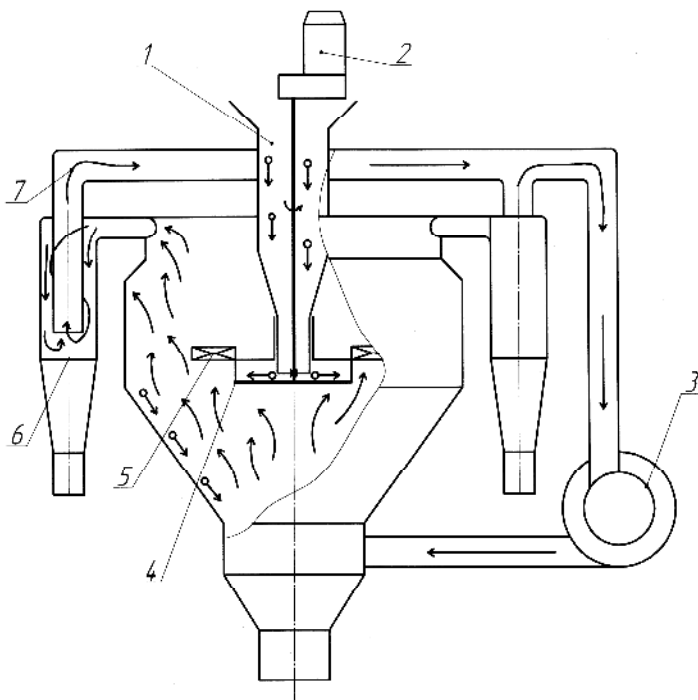


Рис. 4.8. Сепаратор с внешним вентилятором и внешними осадителями

Воздушно-циркуляционные центробежные сепараторы с выносными циклонами (рис. 4.9) выпускаются с диаметром центрального сепарационного корпуса 3,0; 3,5; 5,0 м.

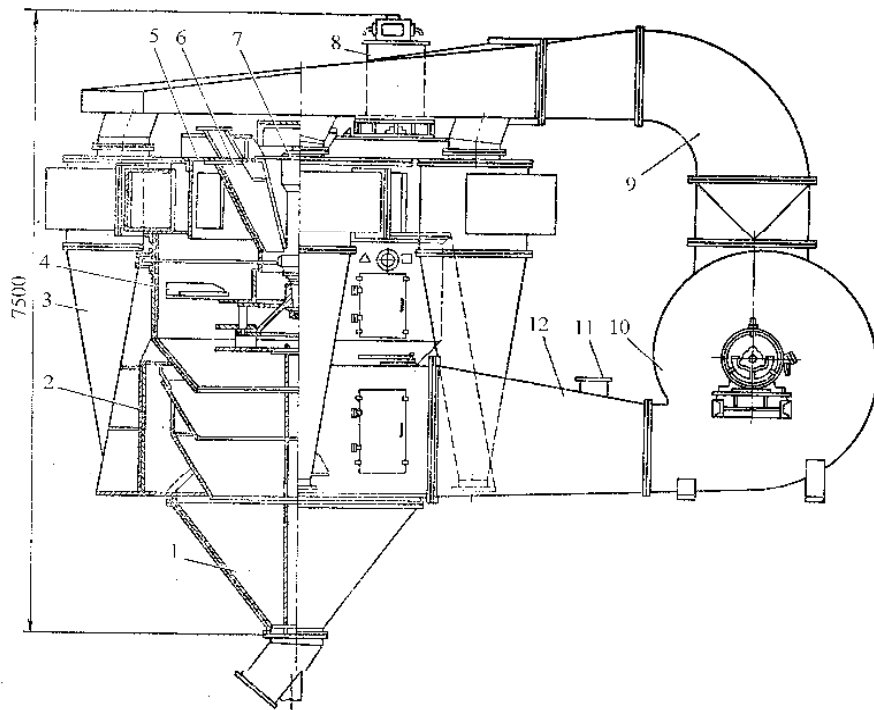


Рис. 4.9. Воздушно-циркуляционный центробежный сепаратор с выносными циклонами:

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

Таблица 4.1

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
Производительность по цементу с удельной поверхностью: 2 500 см ² /г, при циркуляции материала 2-, 3-кратной	70	80...90	160...180
3 500 см ² /г, то же, 4-, 5-кратной	–	50	100
4 000 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
Электродвигатель привода ротора: частота вращения, об/мин	750	800	1 500
напряжение, В	–	–	440
мощность, кВт	55	85	180
Дымосос: производительность, м ³ /ч	95 000	120 000	150 000
полное давление, кгс/м ²	–	–	250
Электродвигатель дымососа: частота вращения, об/мин	735	–	740
напряжение, В	–	–	380
мощность, кВт	25	160	200
Циклоны: число	6	–	8
производительность, м ³ /ч	15 000	–	20 000
диаметр, мм	1 200	–	1 300
Объем воздуха, поступающего на аспирацию, м ³ /ч	5 000	–	6 000
Масса, т	29,0	33,6	56,0

Контрольные вопросы

1. Что такое воздушная сепарация?
2. Опишите конструкцию и принцип действия проходных и циркуляционных сепараторов.

5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЦЕМЕНТА

Основное назначение транспортных машин непрерывного действия – перемещение грузов по заданной трассе, поэтому они также являются транспортирующими машинами. Одновременно с транспортированием груза машины могут автоматически распределять их по заданным пунктам, складировать, накапливая в обусловленных местах, и обеспечивать необходимый ритм производственного процесса.

По принципу действия подъемно-транспортные машины бывают периодического и непрерывного действия. К машинам непрерывного действия (их также называют машинами непрерывного транспорта) относятся конвейеры различного типа, устройства пневматического и гидравлического транспорта и тому подобные транспортирующие машины.

Машины непрерывного действия характеризуются непрерывным перемещением насыпных или штучных грузов по заданной трассе без остановок для загрузки и разгрузки. Перемещаемый насыпной груз располагается на несущем элементе машины сплошной массой или отдельными порциями в непрерывно движущихся последовательно расположенных на небольшом расстоянии друг от друга рабочих сосудах-ковшах, коробах и т.п. Штучные грузы перемещаются также непрерывным потоком в заданной последовательности один за другим. При этом рабочее и холостое (обратное) движения элемента машины, несущего груз, происходят одновременно. Такие важные свойства, как непрерывность перемещения груза, отсутствие остановок для загрузки и разгрузки, совмещение рабочего и холостого движений рабочих элементов, обусловили машинам непрерывного транспорта высокую производительность.

5.1. Ленточные конвейеры

5.1.1. Общие сведения

Ленточные конвейеры общего назначения относятся к транспортирующим машинам с гибким тяговым элементом, перемещающим сыпучие, кусковые и фасованные грузы непрерывным потоком.

Основными частями конвейеров (рис. 5.1) являются: грузонесущий или рабочий элемент *1*, который несет на себе перемещаемый груз; тяговый элемент, передающий движение грузонесущему элементу (таким элементом может служить грузонесущая лента); опорные устройства *2* в виде роликов, которые поддерживают грузонесущие и тяговые элементы при их движении; натяжное устройство *3*, создающее необходимое первоначальное натяжение тягового элемента; приводное устройство *4*, сообщаемое движение тяговому элементу; поддерживающие и опорные конструкции *5* (рама); загрузочное *6* и разгрузочное *7* устройства; устройства для очистки ленты и взвешивания груза на ленте; контрольная и автоматическая аппаратура.

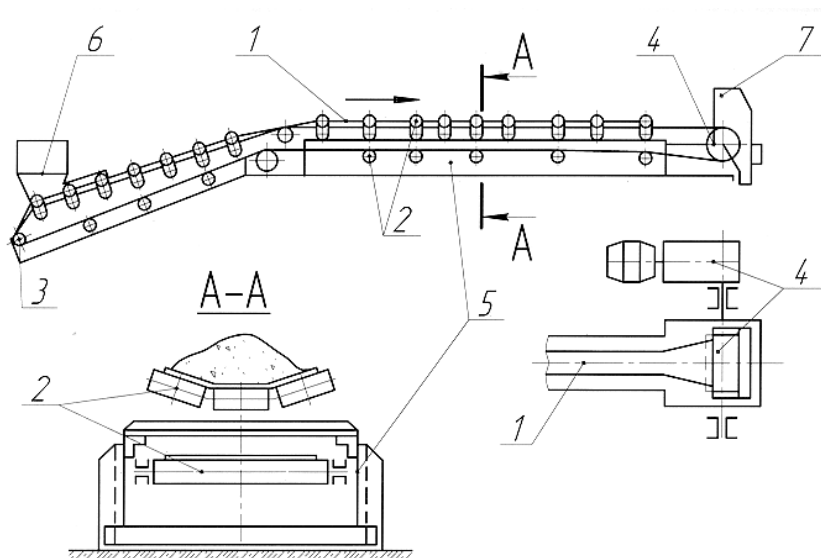


Рис. 5.1. Схема ленточного конвейера

В некоторых случаях на конвейере устанавливают два или больше приводов и натяжных устройств.

Кроме конвейеров описанного типа, называемых просто ленточными, существуют еще ленточно-канатные и ленточно-цепные конвейеры, у которых лента выполняет функции лишь несущего

органа, а канаты или цепи, соединенные с ней, являются тяговыми органами.

Ленточные конвейеры по характеру установки принято делить на стационарные и передвижные; последние принято относить к категории погрузочных машин.

Основная характеристика стационарных ленточных конвейеров дана в табл. 5.1.

Конвейеры общего назначения выпускаются в двух видах: стационарными и катучими (челночными). Передвижные конвейеры, в отличие от катучих, относятся к погрузочным машинам; они, как правило, не привязаны постоянно к одному месту работы и могут обслуживать несколько объектов, передвигаясь на колесном или гусеничном ходу.

Катучие конвейеры перемещаются в продольном направлении по рельсам, уложенным над бункерами, и распределяют по бункерам насыпные грузы.

Основные типы и параметры катучих конвейеров приведены в табл. 5.2.

При проектировании конвейеров особое внимание следует обращать на физико-механические свойства насыпных грузов, т.е. на их грануло-метрический состав: зернистость, кусковатость, степень измельчения. Существенное влияние на условия эксплуатации конвейеров оказывают: объемный вес или объемная масса, углы естественного откоса сыпучих материалов, влажность, налипимость, абразивность.

В зависимости от расположения ленточные конвейеры могут быть (рис. 5.2) горизонтальными a или наклонными b , с движением груза вверх или вниз; наклонно-горизонтальными $в$ или горизонтально-наклонными и с другими сочетаниями трасс.

Таблица 5.1

Характеристика стационарных ленточных конвейеров

Ширина ленты В, мм	Тип конвейера	Наибольшая скорость ленты, м/с	Наибольшая производительность, м ³ /ч		Наибольшая мощность на барабане, кВт	Наибольшая длина конвейера, м																				
						при $\gamma=0,8$ т/м ³						при $\gamma=1,6$ т/м ³						при $\gamma=2,5$ т/м ³								
			Желобчатая лента			Плоская лента	Тип роlikоопоры																			
							$\alpha=20^\circ$			$\alpha=30^\circ$			Плоский			$\alpha=20^\circ$			$\alpha=30^\circ$			Плоский				
			$\alpha=20^\circ$			$\alpha=30^\circ$		Угол наклона конвейера																		
0°	18°	0°	18°	0°	18°	0°	18°	0°	18°	0°	18°	0°	18°	0°	18°	0°	18°	0°	18°	0°	18°	0°	18°			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
400	4025-40	2,5	125	150	75	4,4	140	40	125	35	170	55	95	20	–	–	125	30	–	–	–	–	100	20		
	4040-60					9,7	310	90	275	80	375	120	210	45	–	–	275	65	–	–	–	–	–	–	220	45
500	5025-40	2,5	210	250	125	5,4	135	30	120	25	170	50	90	15	–	–	125	25	–	–	–	–	95	18		
	5040-60					11,8	295	65	260	58	370	115	200	30	–	–	270	55	–	–	–	–	–	–	210	40
	5050-80					15,7	380	90	335	80	500	140	250	45	–	–	350	75	–	–	–	–	–	–	265	50
650	6525-50	2,5	350	420	210	7,0	120	25	105	20	160	40	75	12	70	10	105	20	55	8	50	7	75	13		
	6540-60					15,2	260	55	230	50	360	85	165	25	140	20	230	45	120	20	105	15	165	28	–	–
	6550-80					20,0	335	75	295	65	450	110	210	35	190	30	300	60	150	25	125	20	20	40	–	–
	6563-80					28,0	455	100	400	90	550	150	285	50	230	40	400	80	200	35	170	28	28	50	–	–
800	8040-60	3,15	650	780	390	14,4	125	25	110	20	175	40	75	15	65	10	115	25	55	8	45	7	85	15		
	8050-80					31,5	275	55	240	45	385	85	105	30	145	20	250	55	120	17	100	15	185	30	–	–
	8063-100					43,5	415	85	360	70	595	130	250	50	215	35	380	70	180	30	135	20	270	45	–	–
	8080-100					52,0	485	100	400	85	685	160	300	55	270	45	445	80	190	35	150	30	320	55	–	–
	80100-140					110	1000	210	800	170	1430	335	620	115	560	95	925	165	400	75	310	60	670	115	–	–

Окончание табл. 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
1000	10050-80	3,15	1100	1320	660	39,5	300	50	230	40	385	75	160	25	120	18	235	40	120	20	95	15	195	30				
	10063-100					42,5	340	57	260	45	430	85	180	30	135	20	260	45	135	25	105	17	220	35				
	10080-100					62,4	480	85	370	65	600	125	260	42	195	30	375	65	195	35	1565	25	315	52				
	100100-120					83,5	820	110	560	95	775	185	335	55	270	45	485	87	260	45	210	40	410	70				
	100125-160					180	1350	230	1000	180	1700	350	720	115	620	85	1050	185	550	95	490	80	875	145				
1200	12063-100	3,15	1600	1900	960	45,5	200	40	175	30	275	60	120	20	100	16	175	32	95	16	80	13	150	25				
	12080-120					74,6	345	70	300	52	470	105	205	35	170	28	300	55	165	28	145	22	260	44				
	120100-140					100,5	440	90	380	80	585	140	270	45	220	37	385	72	215	30	185	25	325	60				
	120125-160					186	835	165	730	140	1120	255	510	86	450	70	725	130	400	55	360	45	615	110				
	120160-200					243	1000	210	800	170	1320	325	630	110	540	90	885	170	490	68	400	55	770	135				
1400	1080-120	4,0	2500	3000	1500	89,2	220	45	190	35	300	70	135	25	115	18	195	35	90	15	75	12	140	25				
	140100-140					148,8	380	80	330	60	520	120	235	45	200	30	335	60	155	25	130	20	245	45				
	140125-160					252	840	130	550	105	870	200	390	72	335	55	565	105	260	45	215	35	410	75				
	140160-200					359	910	185	700	150	1230	290	555	105	480	83	800	145	370	60	240	50	575	105				

Примечание. γ – объемный вес насыпного груза; α – угол наклона к горизонтали крайних роликов.

Таблица 5.2

Характеристика катушек ленточных конвейеров

Ширина ленты, м	Тип конвейера	Лента В-820		Производительность, м ³	Мощность электродвигателя ленты, кВт	Наибольшая длина, м, при $\gamma=2,6 \text{ т/м}^3$			Вес конвейера, т <u>наибольший</u> наименьший
		Число прокладок	Наибольшее усилие, кг			1	2	3	
800	П8050-80	4	1800	80...400	5,5; 10,0; 17,0	30	60	–	$\frac{19}{7}$
	П8080-100	6	2400	80...400	10; 17; 20; 30	–	100	–	$\frac{33}{23}$
1000	П10050-80	4	2200	130...650	7,5; 13,0; 22,0	30	60	–	$\frac{21,0}{7,5}$
	П10080-100	6	3000	130...650	17; 22; 30; 40	–	100	–	$\frac{36}{25}$
1200	П12063-100	5	2600	180...900	10; 22; 30	40	70	–	$\frac{30}{11}$
	П120100-140	8	4800	180...900	17; 30; 40; 55	–	100	125	$\frac{54,0}{34,5}$
1400	П14063-100	5	3100	250...1250	13; 30; 40	40	70	–	$\frac{39}{12}$
	П140100-140	8	5600	250...1250	30; 40; 55; 75; 100	–	100	125	$\frac{69,5}{43,5}$

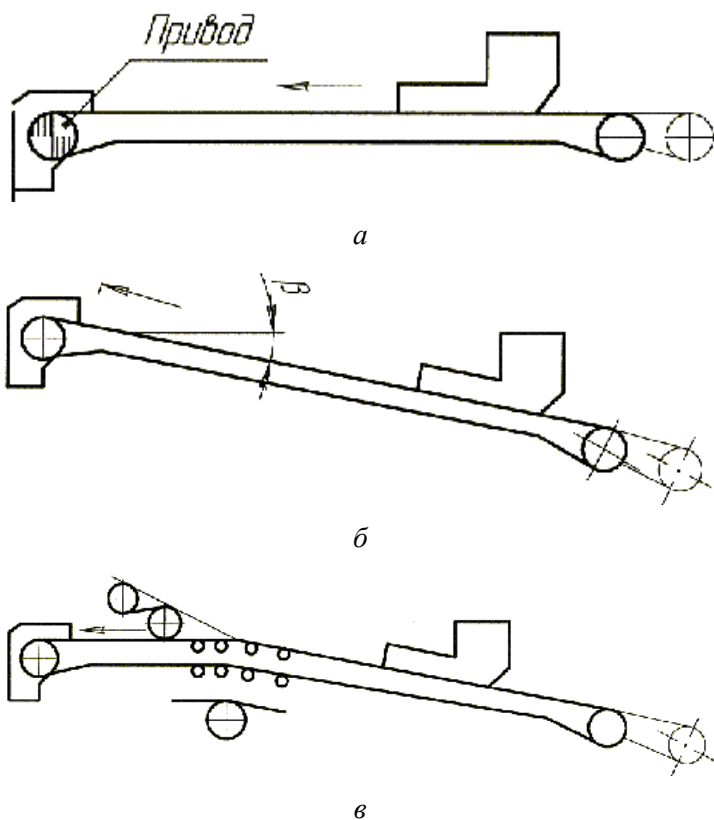


Рис. 5.2. Схема трасс конвейера:

a – горизонтальная; *б* – наклонная; *в* – наклонно-горизонтальная

5.1.2. Характеристика насыпных грузов

В справочниках приводятся показатели основных физико-механических свойств различных грузов, которые в первую очередь следует учитывать при проектировании конвейеров: насыпной вес γ и угол естественного откоса φ_0 , характеризующий степень подвижности частиц. При движении ленты с грузом под действием толчков и вибрации угол естественного откоса изменяется до φ и считается расчетным.

По степени подвижности насыпные грузы делятся на три класса: легкой ($\phi = 15^\circ$), средней ($\phi = 20^\circ$) и малой подвижности ($\phi = 25^\circ$). В табл. 5.3 приведены основные характеристики некоторых насыпных грузов, а в табл. 5.4 – дополнительные сведения к оценке расчетного угла естественного откоса ϕ для насыпных грузов.

Важнейшей характеристикой насыпных грузов является их абразивность, определяемая истирающей способностью частиц груза, входящих в соприкосновение с конвейерной лентой. По степени абразивности грузы подразделяются на четыре группы: А – неабразивные; В – малоабразивные; С – абразивные и Д – высокоабразивные.

Таблица 5.3

Характеристика насыпных грузов

Груз	Насыпной (объемный) вес γ , кН/м ³	Угол естественного откоса, ...°	
		В покое ϕ_0	Расчетный ϕ
Уголь каменный	8...9	32...45	20
Цемент	10...14	40	20
Щебень	12...16	30...40	20
Земля сухая	10...14	30...40	20
Зола сухая	4...7	30...42	25

Таблица 5.4

Значение угла ϕ в зависимости от подвижности частиц груза

Характеристика груза по подвижности его частиц	Насыпной груз	Расчетный угол ϕ , ...°
Легкая подвижность	Сухой песок, кокс сухой, галька круглая, цемент и др.	15
Средняя подвижность	Песок влажный, зерно, формовочная земля, уголь каменный, щепа, стружка	20
Малая подвижность	Глина сырая, влажный песок, опилки	25

Перемещаемые грузы по гранулометрическому составу (кусковатости) разделяются в зависимости от размеров кусков:

$$a'_{\max}, a'_{\min}, \text{ и } a' - \text{средней кусковатости, т.е. } a' = \frac{a'_{\max} + a'_{\min}}{2} -$$

этим показателем характеризуются сортированные грузы. Различают следующие грузы: особо крупнокусковые $a' \gg 300$ мм; крупнокусковые – 161...320 мм; среднекусковые 61...160 мм; мелкокусковые – 10...60 мм; зернистые – 0,5...9,0 мм; порошкообразные – 0,05...0,49 мм; пылевидные – до 0,05 мм.

5.1.3. Основы проектного расчета

Расчет ленточного конвейера состоит в определении параметров производительности, мощности двигателя, величины натяжения ленты, проектных размеров ленты, выборе параметров элементов конструкции конвейера (барабаны, роlikоопоры и т.п.).

Исходными данными при проведении расчета являются:

- производительность конвейера V , Q , $Q_{ш}$;
- род перемещаемого груза: его насыпная масса γ , кН/м^3 , кусковатость и пр.;
- расстояние перемещения: L_r – по горизонтали; L_n – наклонный участок (рис. 5.3);
- угол наклона $\pm\beta$ вверх или вниз;
- разность уровней в начальной и конечной точках $\pm H$, м;
- способ загрузки и разгрузки, условия эксплуатации;
- имперический коэффициент C (табл. 5.5).

Ширина ленты B и ее скорость являются основными параметрами производительности, а ее величина, в свою очередь, определяется с учетом коэффициента неравномерности поступления груза на конвейер:

$$V = C(0,9B - 0,05)^2 \cdot U;$$

$$Q = C(0,9B - 0,05)^2 \cdot U\gamma;$$

$$Q_{ш} = 3,6G_1 \cdot U / a ,$$

где C – коэффициент учета геометрической формы поперечного сечения груза (табл. 5.5); B – ширина ленты, м; U – скорость перемещения груза, м/с (табл. П.4.1–П.4.4); G_1 – вес единичного груза, кН; γ – объемный вес груза, кН/м^3 ; a – расстояние между грузами, мм.

Таблица 5.5

Значения коэффициента C

Показатели	Форма ленты									
	Плоская		Желобчатая на двухроlikовой опоре				Желобчатая на трехроlikовой опоре			
Угол наклона боковых роликoв β, \dots°	–		15		20		30		36	
Угол откоса насыпного груза на ленте φ, \dots°	15	20	15	20	15	20	15	20	15	20
Коэффициент C	240	325	450	535	470	550	550	625	585	665

На наклонных конвейерах с углом наклона $\beta \geq 12^\circ$ для предотвращения рассыпания груза значения коэффициента $C_\beta = C \cdot k$, учитывающего наклон конвейера, следующие:

угол наклона β, \dots°	12°	14°	16°	18°	20°
коэффициент k, \dots	0,97	0,95	0,92	0,89	0,85

Производительность конвейера пропорциональна площади сечения груза F на ленте и скорости перемещения. Величина сечения зависит от ширины ленты и принимаемой ею формы на роliko-опорах (рис. 5.4), а также от угла откоса φ груза в движении.

При транспортировании кусковых грузов, содержащих максимальные куски a'_{\max} в количестве до 15 % от общей массы, должно соблюдаться условие $B \geq (2,7 \dots 3,2) \cdot a'_{\max}$, а для сортированных грузов с преимущественным содержанием кусков крупностью a' – условие $B \geq (3,3 \dots 4,0) \cdot a'$.

Скорость ленты назначают главным образом в зависимости от способа подачи груза на ленту и снятия (разгрузки), от формы, веса груза, в зависимости от ритма технологического процесса, ширины ленты (табл. П.4.1, П.4.2).

Условно принимается, что груз располагается на ленте, занимая ширину $b = 0,9B - 0,05$ м и образуя на плоской ленте треугольное сечение, а на трехроlikовой опоре – желобчатое (трапецидальное) в нижней части и треугольное – в верхней.

По заданной величине производительности определяют ширину ленты, м:

$$B = 1,18 \sqrt{\frac{Q \cdot K_{\beta}}{K_{\pi} \cdot v \cdot \gamma} + 0,05} ,$$

где Q – производительность, кН/м^3 ; K_{π} – коэффициент, принимаемый по табл. 5.6; U – скорость ленты, м/с (табл. 5.7); γ – насыпной вес груза, Н/м^3 ; K_{β} – коэффициент, зависящий от угла наклона конвейера и подвижности частиц (табл. 5.6).

Угол наклона конвейера определяется: $\text{tg}\beta = \frac{H}{L_{\pi}}$.

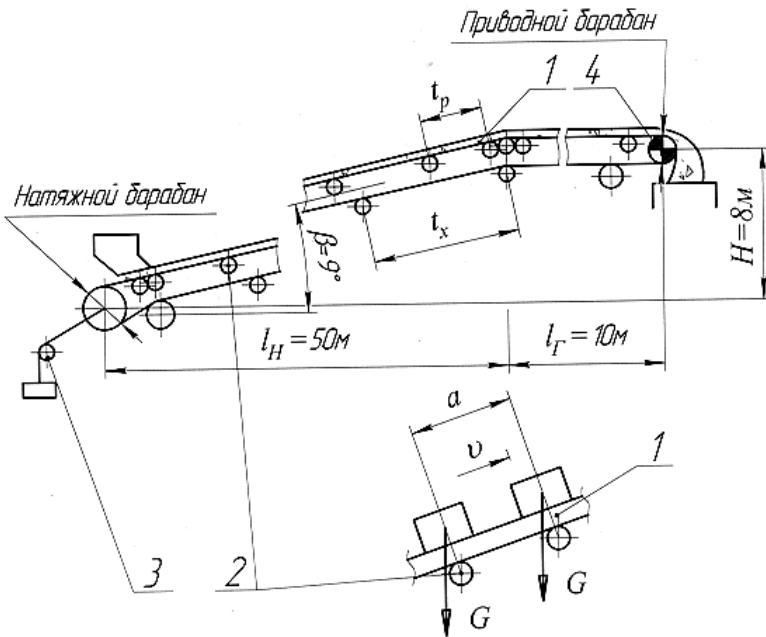


Рис. 5.3. Расчетная схема ленточного конвейера:
 1 – лента; 2 – роlikоопоры; 3 – механизм натяжения;
 4 – приводной барабан

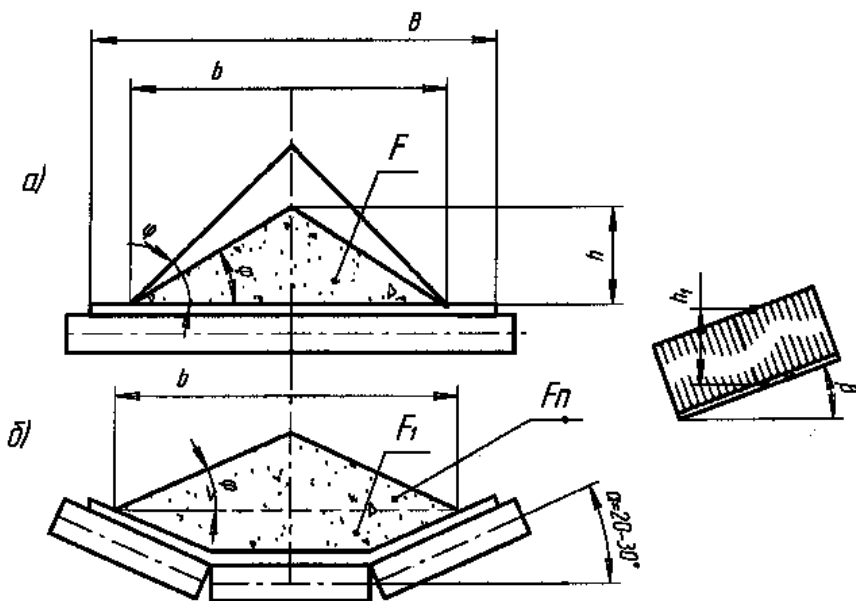


Рис. 5.4. Параметры насыпного груза:
a – на плоской ленте; *б* – на желобчатой ленте

Таблица 5.6

Коэффициенты K_n и K_β

Тип роlikоопоры	K_n при расчетном угле откоса насыпного груза при движении φ , ...°			K_β при угле наклона конвейера β , ...°			
	15	20	25	10	15	18	20
Однороликовая (плоская лента)	250	330	420				
Трехроликовая (желобчатая лента):							
$\alpha = 20^\circ$	470	550	640				
$\alpha = 30^\circ$	550	625	700	0,98	0,85	0,92	0,9

С учетом расчетной величины B принимают ширину ленты, мм, по ГОСТ 22644–77: 300; 400; 600; 800; 1 000; 1 200; 1 400; 1 600; (1 800); 2 000; (2 250); 2 500.

Для штучных грузов ширина ленты выбирается в зависимости от способа загрузки. При загрузке автоматами в строго определенном порядке ширина ленты назначается по наименьшему из габаритных размеров при условии устойчивого положения груза на ленте (рис. 5.5, а). При ручном способе загрузки ширина выбирается по наибольшему из габаритных размеров (рис. 5.5, б).

Таблица 5.7

Скорость движения ленты U , м/с

Материал	U	Материал	U
Зерно	2,0...4,00	Хлопок-сырец	0,8...1,6
Корнеплоды	0,8...1,2	Хлопковые семена	1,0...2,0
Гравий, руда	1,0...1,8	Опилки, стружки	0,8...1,6
Кокс, уголь	1,3...2,0	Штучные грузы	0,6...1,0
Мука, цемент	0,80...1,25		

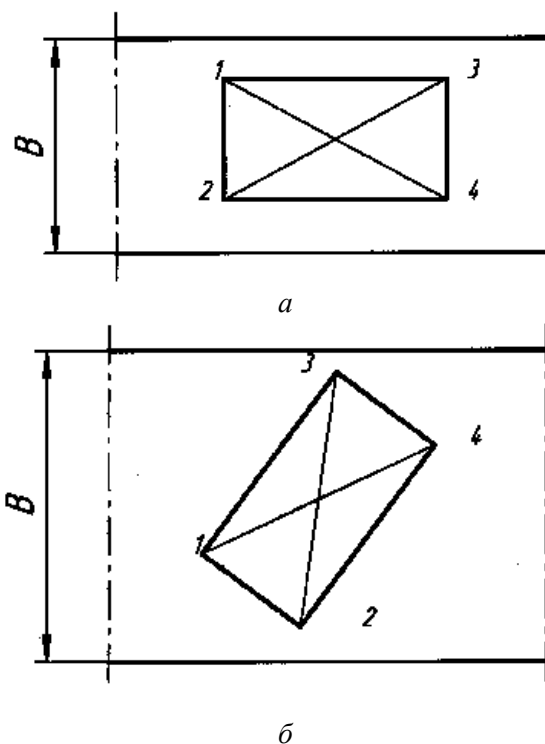


Рис. 5.5. Схема к определению ширины ленты для штучных грузов: а – при автоматической загрузке; б – при ручной загрузке

Конвейерная лента, служащая тяговым и грузонесущим элементом конвейера (рис. 5.6), состоит из каркаса *1*, придающего ей прочность, и защитных резиновых обкладок *2*.

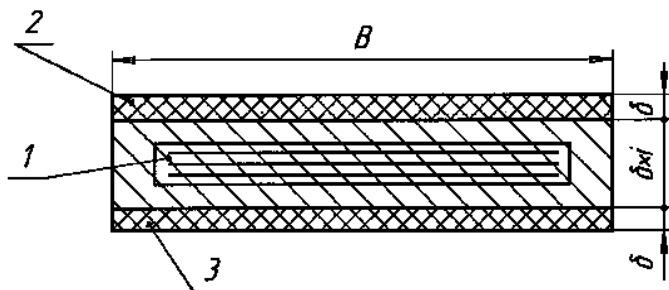


Рис. 5.6. Схема устройства ленты:

1 – каркас (корд-ткань, несущая часть); *2* – рабочая сторона;
3 – нерабочая сторона

Для насыпных грузов, имеющих среднюю абразивность, толщину защитных оболочек принимают на рабочей (наружной) стороне $\delta_m = 3$ мм, на нерабочей (внутренней) $\delta_{оп} = 1,5$ мм (табл. П. 4.5,6).

Количество прокладок в каркасе ленты, определяемое продольной прочностью, зависит от материала прокладок и от ширины ленты. Наибольшее применение в ленточных конвейерах получили прокладки с основой из хлопчатобумажных тканей типа Бельтинг (Б-820) и из синтетических тканей типа ЛХ, Л-4.

5.1.4. Роликоопоры

Роликоопоры, поддерживающие ленту по всей ее длине, разделяют на однорولیковые для плоской ленты на грузовой ветви и для обратной ветви (рис. 5.7, б), двухролікковые, трехролікковые (рис. 5.7, а) и многорولیковые для лотковой формы грузовой ветви.

При определении диаметров роликов учитывают ширину ленты, величину ее рабочей скорости, род груза, насыпную массу и кусковатость. В общем случае при выборе диаметра роликов рекомендуется пользоваться данными таблицы (табл. П. 4.8, П. 4.9).

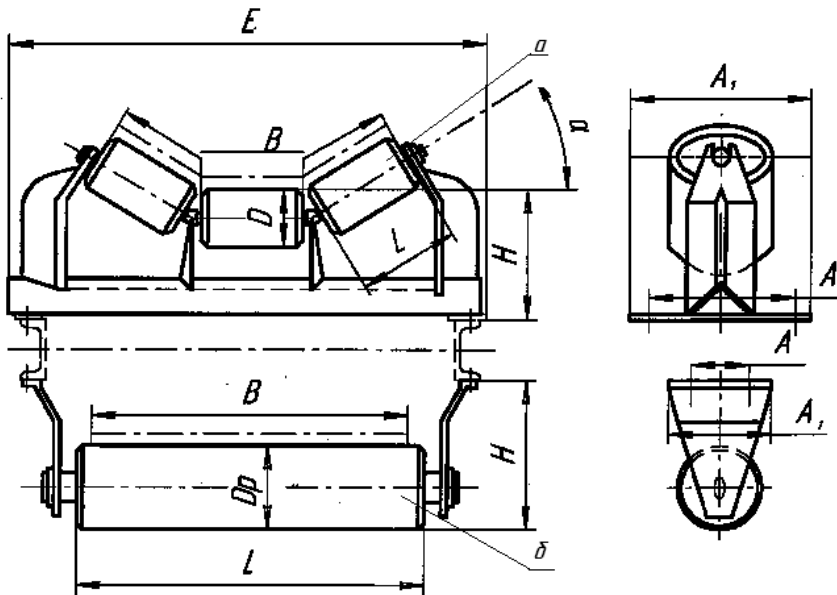


Рис. 5.7. Схемы:

- a* – трёхроликовой опоры для рабочей желобчатой ветви;
- б* – однороликовой опоры для нерабочей ветви ленты

Расстояние между роликоопорами принимают на грузовой ветви в зависимости от ширины ленты и насыпного веса груза (табл. П.4.10, П.4.11). Особое внимание следует обращать на уплотнительные устройства опор качения роликов.

В местах установки загрузочных устройств количество роликоопор следует увеличивать на 1...3 единицы на уменьшенном расстоянии одна от другой. На участках сопряжения прямолинейной трассы с наклонной (рис. 5.8) необходимо располагать ролики по дуге значительного радиуса с сокращением расстояния между роликоопорами.

Общее количество роликоопор на рабочей ветви конвейера можно определить так:

$$Z_p = \left(\frac{L_H}{\cos \beta} + l_r \right) / L_p,$$

где L_H – длина трассы конвейера, м; L_p – расстояние между роlikоопорами, м.

С учетом добавочных опор в местах загрузки и перегиба трассы общее количество роlikоопор Z_p – увеличивается.

На переходных кривых (рис. 5.8) выпуклостью вверх приближенно можно принять $R_{1min}=12B$, м, а при переходе выпуклостью вниз можно воспользоваться зависимостью между натяжением ленты S в начальной точке O и величиной погонного веса загруженной ленты $(q + q_l)$, м:

$$R_{2min} = \frac{S}{q + q_l},$$

где q – вес погонного метра груза, Н/м; q_l – вес погонного метра ленты, Н/м.

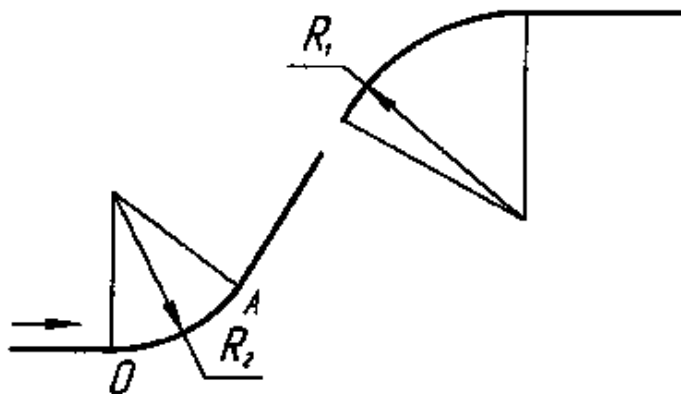


Рис. 5.8. Схема построения переходных кривых трассы

5.1.5. Приближенный расчет мощности привода

При определении потребной для привода конвейера мощности необходимо учитывать сопротивление перемещению грузовой и порожневой ветвей, сопротивление на поворотных участках, сопротивление загрузочных и разгрузочных устройств и КПД привода.

Часто представляется более удобным вычислять потребную мощность электродвигателя привода конвейера через производительность, учитывая потери в механизме привода посредством КПД η_n и вводя в формулу коэффициент сопротивления W (зависящий от типов подшипников, смазки, уплотнений, запыленности атмосферы при движении ленты по роликам, вращающимся на шарикоподшипниках).

С достаточной степенью точности можно определить мощность, кВт, по формуле

$$P_{\text{э}} = \frac{Q_{\text{в}}}{3670} (H + L \cdot W) / \eta_{\text{м}},$$

где $Q_{\text{в}}$ – весовая производительность, кН/ч; H – высота подъема груза, м; L – длина конвейера по горизонтали, м; W – коэффициент сопротивления движения ленты по роликам (табл. 5.8); $\eta_{\text{м}}$ – КПД механизма привода.

Мощность можно найти через объемную производительность:

$$P_{\text{э}} = \frac{V \cdot \gamma}{3670 \eta_{\text{м}}} (H + LW).$$

Величина коэффициента сопротивления ролика

$$W_1 = C \frac{\mu d + 2k}{D}.$$

Отсюда $W = W_1 \cdot Z$.

Здесь C – коэффициент добавочного сопротивления на роликах с ребордами; μ – коэффициент трения скольжения в цапфах роликов или приведенный к диаметру цапфы коэффициент трения в подшипниках качения; d – диаметр цапфы, мм; k – коэффициент трения качения; D – диаметр ролика (рис. 5.7), мм; Z – количество роликов.

По расчетному значению мощности подбирают электродвигатель (табл. П. 4.12).

Таблица 5.8

Коэффициент сопротивления W

Условия работы конвейера	Прямые роликоопоры	Желобчатые роликоопоры
В чистом сухом помещении без пыли	0,018	0,02
В отопляемом помещении с нормальной влажностью воздуха при наличии небольшого количества абразивной пыли	0,022	0,025
Передвижные и переносные конвейеры при хороших условиях работы	0,03	0,03
В неотапливаемых помещениях с повышенной влажностью, на открытом воздухе; возможно большое количество абразивной пыли	0,035	0,04

Примечание. Указанные значения коэффициента W приняты с резервом.

5.1.6. Определение диаметра барабанов

Диаметры приводных и неприводных барабанов соотносятся главным образом с типом и натяжением ленты и с числом прокладок в ленте и подбираются по рекомендациям или по табл. П.4.19. Наименьший диаметр приводных барабанов $D_{пб}$ для прорезиненных лент выбирают в зависимости от предела прочности ленты на разрыв $\delta_{п.л.}$, т.е.

$\delta_{п.л.}$, кН/см	15	25	31,5	35
$D_{п.б.}$, мм	1 000	1 250	1 250	1 400

Установочные и присоединительные размеры барабанов можно принимать по табл. П.4.20.

Диаметры концевых и натяжных барабанов равны $0,8D_{п.б.}$, а диаметры отклоняющих барабанов – $0,65D_{п.б.}$. Конструкцию и размеры грузового натяжного устройства можно принять по табл. П. 4.21.

5.1.7. Выбор передачи от электродвигателя к барабану

Чтобы подобрать редуктор, необходимо знать общее передаточное число $u_{об}$ и крутящие моменты на входном и выходном валах, а также наметить тип редуктора, сообразуясь с общей компоновкой привода.

Общее передаточное число привода конвейера определяется по отношению

$$u_{об} = \frac{n_э}{n_{п.б}} = \frac{\omega_э}{\omega_{п.б}},$$

где $n_э$ – частота вращения вала электродвигателя, об/мин; $n_{п.б}$ – частота вращения приводного барабана конвейера, об/мин; $\omega_э$ – угловая скорость вала электродвигателя, c^{-1} ; $\omega_{п.б}$ – угловая скорость приводного барабана конвейера, c^{-1} .

Частота вращения приводного барабана может быть определена, если известна скорость ленты, об/мин:

$$n_{п.б} = \frac{60U_{л}}{\pi D_{п.б}},$$

где $U_{л}$ – скорость транспортной ленты, м/с; $D_{п.б}$ – диаметр приводного барабана, м.

Угловая скорость приводного барабана, c^{-1} ,

$$\omega_{п.б} = \frac{\pi n_{п.б}}{30}.$$

Крутящий момент на быстроходном валу редуктора, если принята схема привода конвейера (рис. 5.9), равен моменту на валу электродвигателя, т.е. $T_{б.в} = T_э$.

Крутящий момент на тихоходном валу редуктора, Н·м, можно определить по формуле

$$T_{т.в} = \frac{P_э \cdot \eta_{ред}}{\omega_{п.б}} = \frac{P_э \cdot \eta_{ред} \cdot u_{об}}{\omega_э},$$

где $P_э$ – мощность электродвигателя, Вт.

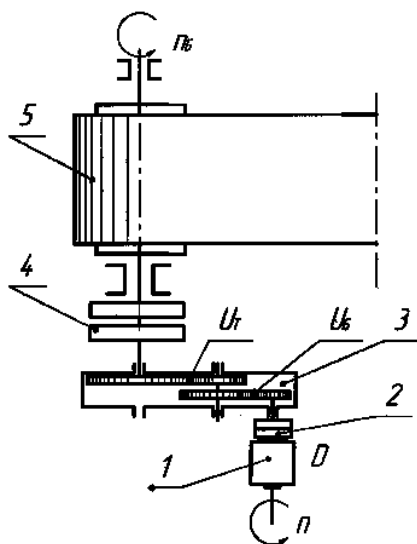


Рис. 5.9. Схема привода конвейера:
 1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – редуктор;
 4 – муфта; 5 – приводной барабан

Также крутящие моменты на тихоходных валах редуктора приближенно будут равны $T_{т.в} = T_{б.в} \cdot u_{ред}$.

Для подбора редукторов и основных габаритных размеров следует использовать данные табл. П.4.22–П.4.25.

Натяжные устройства с применением грузов можно подобрать по табл. П.4.21. Для выполнения монтажной схемы механизма привода конвейера можно воспользоваться наиболее распространенной схемой (рис. 5.10).

5.2. Скребковые конвейеры

5.2.1. Основные сведения

Скребковые конвейеры, предназначенные для горизонтальной транспортировки клинкера (рис. 5.11), представляют собой закрытый металлический короб прямоугольного сечения, состоящий из отдельных последовательно соединенных секций 3 длиной 1 м, одной телескопической, одной загрузочной 2 и одной 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 снабжены люками 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, имеет люк. Внутри кожуха расположены приводной вал со звездочкой и бронефутеровка для предохранения боковых стенок от истирания.

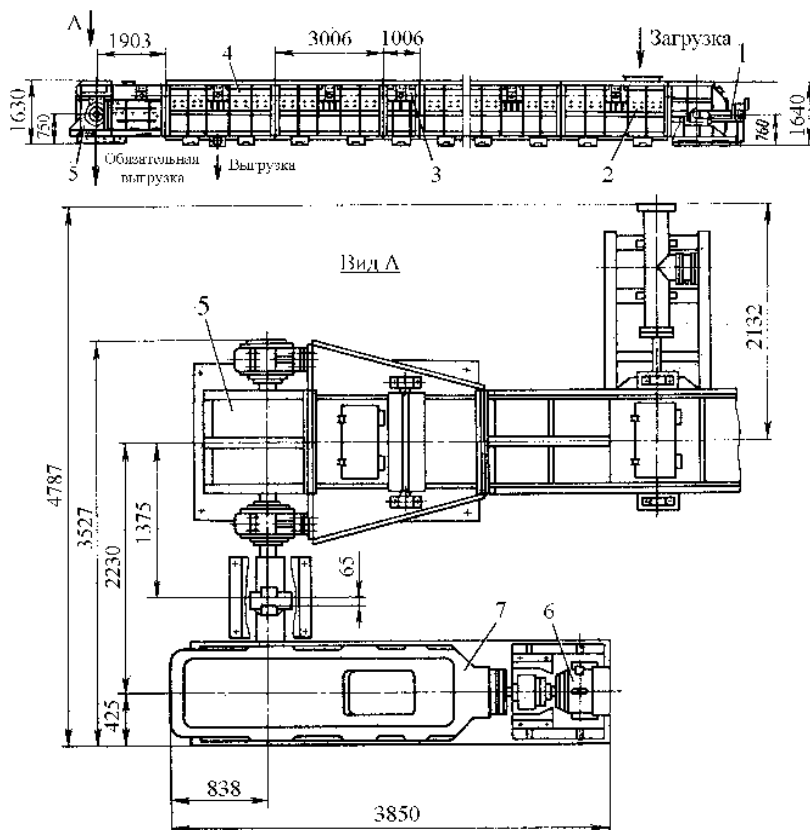


Рис. 5.11. Скребокый конвейер типа СМЦ-127Б

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 м.

В зависимости от принципа перемещения груза и конструктивного исполнения различают конвейеры с высокими скребками и сплошного волочения или с погруженными скребками, в которых груз движется не отдельными порциями, а сплошной массой, заполняющей часть сечения желоба.

Конвейеры изготавливает ПО «Стромоборудование».

Техническая характеристика приводится в табл. 5.9.

Таблица 5.9

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...0,30
Требования к перемещаемому материалу (цементному клинкеру):	
размер кусков, мм, не более	100
температура, С, не более	200
Масса конвейера (длиной 80 м), т	90

По заданной производительности, выбранной скорости и физико-механическим свойствам перемещаемого материала для конвейеров порционного волочения определяют размеры скребка, а для конвейеров сплошного волочения (с погруженными скребками) – размеры желоба.

5.2.2. Определение геометрических размеров желоба и скребков конвейера

Конвейеры порционного волочения материала. Основные размеры скребков выбирают в зависимости от рода груза и его свойств, производительности и направления транспортирования.

Задав коэффициент ширины желоба K_h , вычисляют ширину скребка b'_c , м:

$$b'_c = \sqrt{\frac{K_h Q}{3600 \psi K_\beta \rho v}}$$

где ψ – обобщенный коэффициент использования сечения желоба; $\psi = 0,01(\beta' - \beta)$; β' – условный угол; $\beta' = 60^\circ$ для хорошо сыпучего груза; $\beta' = 85^\circ$ для плохо сыпучего; β – угол наклона конвейера; $K_h = b_c / h_c = 1,7...6,0$; меньшее значение принимают для сыпучих грузов и одноцепных конвейеров; K_β – коэффициент снижения производительности в зависимости от угла наклона конвейера.

Транспортируемый материал	Угол наклона β, \dots°				
	0	10	20	30	35
Легкосыпучий	1,0	0,85	0,65	0,5	–
Плохосыпучий, кусковой	1,0	1,0	1,0	0,75	0,6

Полученные значения b'_c округляют до ближайшего большего по нормальному ряду: 120, 200, 250, 320, 400, 500, 650, 800, 1 000 и 1 200 мм. При этом проводят проверку ширины скребка по градулометрической характеристике транспортируемого груза:

при транспортировании сортированных грузов со средним a_{cp} размером куска – $b_c \geq (5...7)a_{cp}$ для одноцепных конвейеров, $b_c \geq (3...4)a_{cp}$ для двухцепных конвейеров;

при транспортировании рядовых грузов с наибольшим a_{max} размером куска – $b_c \geq (3,0...3,5)a_{max}$ для одноцепных конвейеров, $b_c \geq (2,0...2,5)a_{max}$ для двухцепных конвейеров.

Скребки для порционного транспортирования бывают высокие и низкие. По форме различают скребки прямоугольные со скошенными углами, трапецевидные и дисковые. Их изготавливают из чугуна, стали, дерева, резины, пяти- или шестислойного резиноканевого ремня и пластмассы. Расстояние между скребками принимают равным $(3...6)h_c$.

Для сыпучих пищевых и сельскохозяйственных грузов размеры скребков рекомендуется выбирать из ряда: 120×71 ; 150×75 ; 160×90 ; 200×100 ; 260×100 .

Желоб конвейера в поперечном сечении изготавливают по форме скребка из листовой стали, дерева, пластмассы. Зазор между кромкой скребка и стенкой желоба $2...8$ мм.

Конвейеры с погруженными скребками. В отличие от конвейера с высокими скребками для порционного перемещения груз

в конвейерах с погруженными скребками перемещается сплошным потоком. Скребокковые конвейеры сплошного волочения можно использовать при любом направлении транспортирования, причем при наклоне до 12° применяются плоские скребки, при наклоне больше 12° – С-, Г-, Н-образные контурные скребки.

Площадь поперечного сечения желоба, m^2 ,

$$b_{\text{ж}}h_{\text{ж}} = \frac{Q}{3600v\rho K_{\Pi}},$$

где $b_{\text{ж}}$ и $h_{\text{ж}}$ – соответственно ширина и высота желоба; оптимальное значение $h_{\text{ж}}/b_{\text{ж}} = 0,4...0,8$; $K_{\Pi} = K_0K_vK_y$ – коэффициент производительности; K_0 – коэффициент, учитывающий объем желоба, занимаемый скребками и цепью, равный $0,85...0,90$; K_y – коэффициент уплотнения груза в желобе, равный $1,05...1,10$; K_v – коэффициент, учитывающий отставание груза от цепи со скребками.

Транспортируемый материал	Угол наклона конвейера, ...°, при $v = 0,3$ м/с	
	0...20	20...90
Пылевидный	0,8	0,1
Зернистый	0,9	0,5
Мелкокусковой	0,9	0,75

При наклонном транспортировании зернистых грузов, как показывают результаты опытов, коэффициент производительности $K_{\Pi} = 0,75...0,90$ зависит от скорости конвейера. При скорости $v \geq 0,8$ м/с нарушается сплошность потока, снижается производительность и увеличивается энергоемкость. Рекомендуемая скорость конвейеров для зерна и продуктов переработки $v = 0,3...0,6$ м/с.

Исходя из полученного выражения площади поперечного сечения желоба определяют $b_{\text{ж}}$ и $h_{\text{ж}}$. Величину $b_{\text{ж}}$ округляют, а $h_{\text{ж}}$ принимают расчетной.

Высота плоских скребков в горизонтальных и пологонаклонных конвейерах (до 12°) принимается равной $0,1$ высоты желоба.

5.3. Элеваторы (Нории)

5.3.1. Элеваторы ковшовые вертикальные ленточные

Ковшовые вертикальные ленточные элеваторы типа ЭЛ (ГОСТ 2036–53) являются стационарными транспортными устройствами, служащими для вертикального перемещения порошкообразных, зернистых и мелкокусковых сыпучих материалов (рис. 5.12).

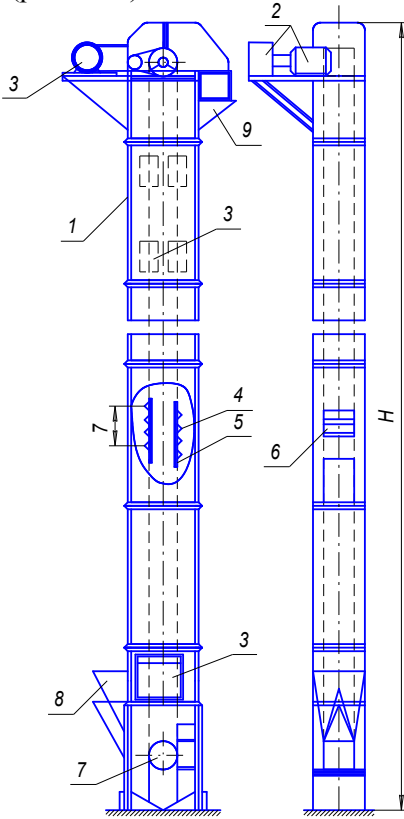


Рис. 5.12. Элеватор ковшовый ленточный типа ЭЛ:

- 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

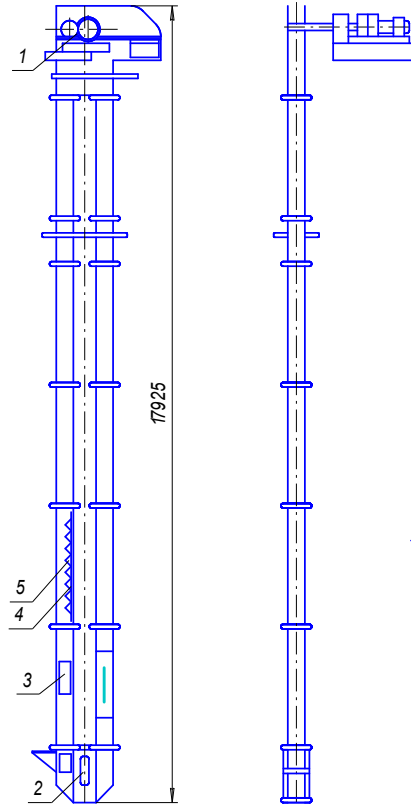


Рис. 5.13. Элеватор ковшовый вертикальный ленточный типа Т-194

Материал транспортируется в ковшах 4, жестко прикрепленных через определенные промежутки (шаг – t) к бесконечной резиновой ленте 5 или ремню, которые являются тяговым органом.

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 устанавливаются 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 высыпаящихся материалов и с мелкими ковшами (М) для влажных и слеживающихся материалов.

В соответствии с типом ковшей элеваторы обозначаются: «ЭЛГ» либо «ЭЛМ». Их техническая характеристика представлена в табл. 5.10.

Заводы-изготовители: ООО «Орион-Д» г. Екатеринбург, ООО «Холуница» г. Белая Холуница, ЗАО «Паритет» г. Екатеринбург, ООО «Т-ПРОЕКТ» Московская область, д.Нагульное, ООО «КОНТЕ-С» г. Москва, Завод «Техмаш» г. Шахты, Завод «Спецтехномаш» г.Красноярск, ОАО МАШЗАВОД «КОМСОМОЛЕЦ» г. Лубны, Полтавская Область, Украина.

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

Широкое применение получили ковшовые вертикальные ленточные элеваторы Т-194 (рис. 5.13), предназначенные для вертикального перемещения сухих сыпучих материалов: цемента, извести, гипса, зерна и других нелипких материалов, имеющих объёмный вес не более $1,5 \text{ т/м}^3$.

Элеватор состоит из верхней – приводной головки 1 и 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 5.10

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	Центрбежно-самолечный	С расставленными ковшами	С цилиндрическим днищем	Глубокие	160	1,1	300	1,0...1,6	8...13	200
					200	2,0	300		14...23	250
					250	3,2	400		17...28	300
					350	7,8	500		34...54	400
					450	14,5	600		52...84	500
ЭЛМ-160 ЭЛМ-250 ЭЛМ-350 ЭЛМ-450	Центрбежно-самолечный	С расставленными ковшами	С цилиндрическим днищем	Мелкие	160	0,65	300	1,0...1,6	3...5	200
					250	2,6	400		9...15	300
					350	7,0	500		20...32	400
					450	15,0	600		36...58	500

Таблица 5.11

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
Ёмкость 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	1 420
Тип редуктора	PM-250-IV-1Ц
Габаритные размеры, мм:	
высота	17 925
ширина	1 365
длина	1 013

5.3.2. Элеваторы ковшовые вертикальные цепные

Ковшовые вертикальные одноцепные элеваторы ЭЦГ, ЭЦМ, ЭЦО и двухцепные Э2ЦО (рис. 5.14) – стационарные транспортные устройства, служащие для вертикального перемещения порошкообразных, зернистых и мелкокусковых сыпучих материалов.

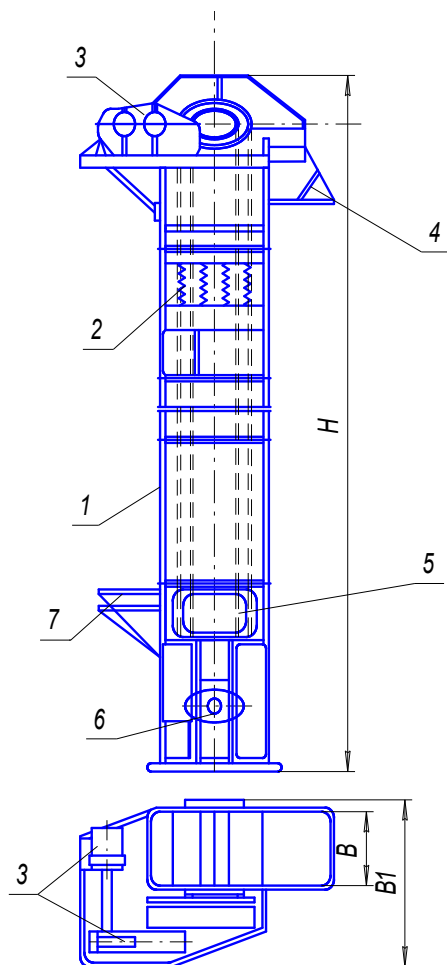


Рис. 5.14. Элеватор ковшовый двухцепной Э2ЦО-350 (ЦБ-350):
1 – кожух; 2 – ковш; 3 – привод; 4 – разгрузочный носок; 5 – смотровой люк; 6 – натяжное устройство; 7 – загрузочный носок

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, в нижней части (башмаке) – натяжная станция 6 и загрузочный носок.

Транспортируемый материал из течки, 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. 5.12.

Заводы-изготовители: ООО «Орион-Д» г. Екатеринбург, ООО «Холуница» г. Белая Холуница, ЗАО «Паритет» г. Екатеринбург, ООО «Г-ПРОЕКТ» Московская область, д. Нагульное, ООО «КОНТЕ-С» г. Москва, Завод «Техмаш» г. Шахты, Завод «Спецтехномаш» г. Красноярск, ОАО МАШЗАВОД «КОМСОМОЛЕЦ» г. Лубны, Полтавская Область, Украина.

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

Башмак 1 представляет собой сварную из уголкового и листового проката металлоконструкцию. На внутренних поверхностях боковых стенок установлены направляющие, в которых свободно

вверх и вниз перемещается рама. В нижней части рамы вмонтированы 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.

Таблица 5.12

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	
				С цилиндрическим днищем	Глубокие							
ЭЦГ-160	Одноцепные	Центробежно-самогочный	С расставленными ковшами	С цилиндрическим днищем	Глубокие	160	1,1	400	0,8...1,25	6,6...16,0	100	
ЭЦГ-250						250	3,2	400		18,4...29,4	100	
ЭЦГ-350						350	7,8	500		30,0...57,8	125	
ЭЦМ-160	Одноцепные	Центробежно-самогочный	С расставленными ковшами	С цилиндрическим днищем	Мелкие	160	0,65	400	0,8...1,25	3,2...7,1	100	
ЭЦМ-250						250	2,6	400		12...18	100	
ЭЦМ-350						350	7,0	500		25,8...38,7	125	
ЭЦО-250 (ЦУ-250)	Двухцепные	Самогочный	С сомкнутыми ковшами	Остроугольные трапециевидальные		250	3,6	200	0,5	22,3	300	
Э2ЦО-350 (ЦБ-350)						350	10,3	250		0,4	50,0	250
Э2ЦО-450 (ЦБ-450)						450	22,4	320		0,4	85,0	320
Э2ЦО-450				Остроугольные с бортовыми направляющими		450	16,0	320	0,4	50...70	320	

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, которые изготавливают из конструкционной листовой стали. Для увеличения срока службы ковшей на заборную кромку направляют 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, втулочно-пальцевой муфты с храповым остановом, зубчатой муфты и предохранительных кожухов.

Таблица 5.13

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

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 за-

грузочную течку в башмаке. Ковши заполняются при пересечении с потоком загружаемого материала.

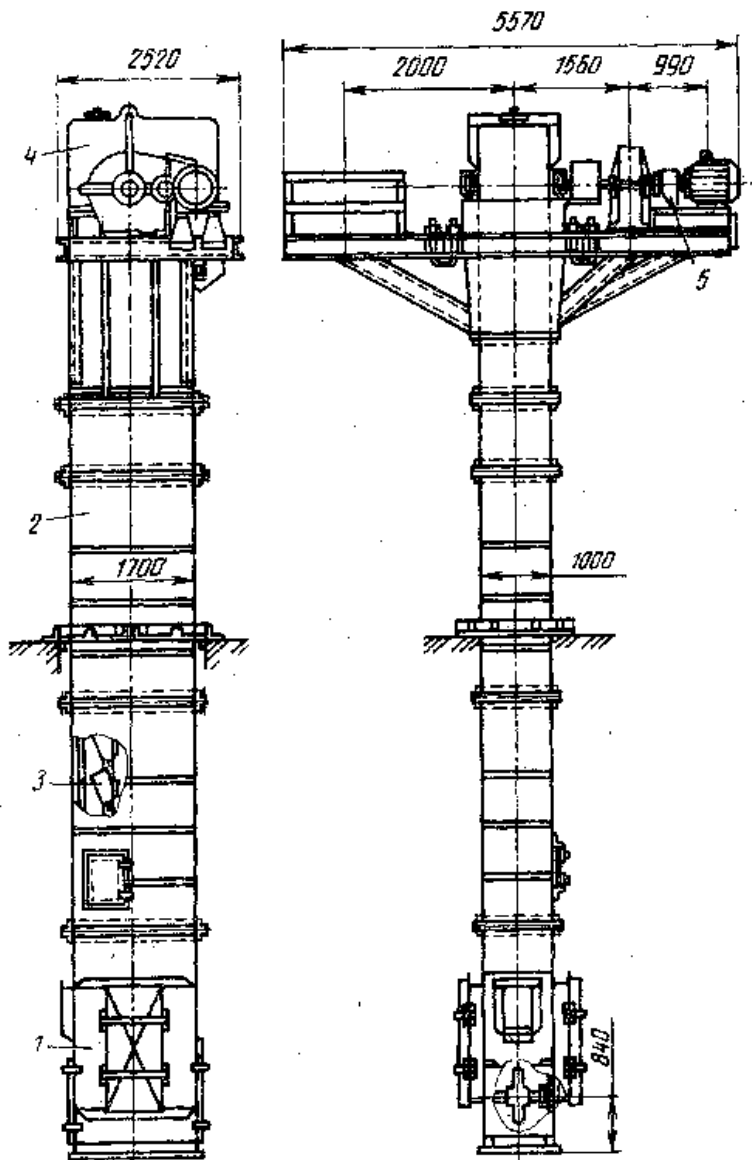


Рис. 5.15. Ковшовый элеватор СМЦ-130А

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 изготовляет ПО «Стромоборудование».

5.3.3. Выбор скорости, типа тягового органа и ковша

Ковшовые элеваторы подразделяются на скоростные и тихоходные. Быстроходные имеют меньшую металлоемкость и стоимость.

В качестве тягового органа в элеваторах общего назначения применяют ленты по ГОСТ 23831–79, ГОСТ 20–85 (для транспортирования легкосыпучих материалов в быстроходных элеваторах при скорости до 5 м/с) и пластинчатые втулочные и втулочно-роликотые цепи по ГОСТ 4267–78 и ГОСТ 588–81 (для транспортирования крупносыпучих грузов при скорости до 1,5 м/с).

Скорость движения тяговых органов ковшовых элеваторов и их параметры выбирают по табл. 5.14.

Выбор типа ковшей зависит от свойств транспортируемого материала. Глубокие ковши применяют для легкосыпучих, пылевидных и мелкокусковых грузов; мелкие – для трудносыпучих грузов; с бортовыми направляющими – для средне- и крупнокусковых грузов при сомкнутом расположении ковшей на тяговом элементе.

Объем ковшей, л, для ленточных элеваторов рассчитывают по формуле

$$i_k = Q t_k / (3,6 v \rho \psi),$$

где t_k – шаг установки ковшей, равный 0,15...0,3 м.

На основании расчетных данных выбирают ближайший стандартный размер ковшей (табл. 5.15) и в соответствии с ним корректируют их шаг, а при необходимости и скорость.

Удельный объем ковшей, л/м, для цепных элеваторов выполняют по выражению

$$i_k / t_k = Q / (3,6 v \rho \psi).$$

По найденному значению объема ковшей выбирают их конкретные размеры и уточняют скорость перемещения, соответствующую заданной производительности.

При транспортировке кусковых грузов выполняют проверку вылета ковша по гранулометрическому составу груза:

$$l \geq a_{\max} K_k,$$

где a_{\max} – максимальный размер куска груза; K_k – коэффициент, зависящий от гранулометрического состава насыпного груза; для рядовых грузов $K_k = 2,0 \dots 2,5$; для сортированных – $K_k = 4 \dots 5$.

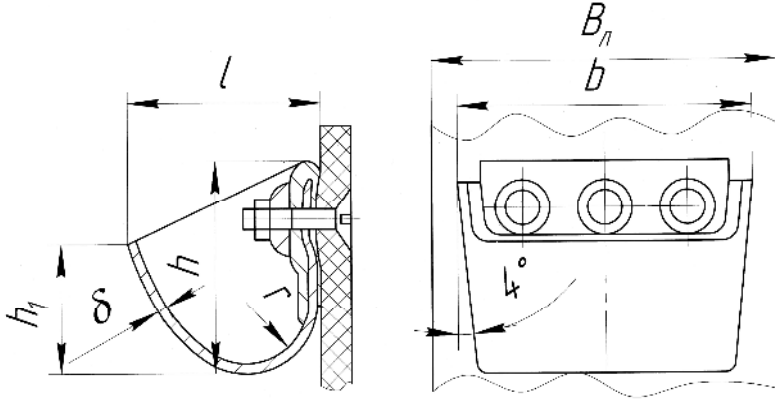


Рис. 5.16. Норийный ковш

Таблица 5.14

Скорость тягового элемента и параметры ковшовых элеваторов

Транспортируемый материал	Тип ковша	Коэффициент заполнения ψ	Вид разгрузки	Скорость тягового органа v , м/с	
				ленты	цепи
Зернистый мелкокусковой малообразивный	Г	0,7...0,8	Ц	1,2...4,0	1,0...1,6
Зернистый мелкокусковой абразивный	О, С	0,8	Ц, СН	0,4...0,8	0,4...0,63
Хорошо сыпучий пылевидный	М	0,8...0,85	СВ, Ц	1,2...1,8	0,6...0,8
Плохо сыпучий, пылевидный зернистый	М	0,6	Ц	1...2	0,8...2,0
Корнеплоды	О, С	0,3...0,6	СН	–	0,4...0,6
Хрупкий	О, С	0,4...0,6	СН	0,4...0,6	0,4...0,6

Примечание. Условные обозначения видов разгрузки: Ц – центробежная; СН – самотечная направляющая; СВ – самотечная свободная; типы ковшей: Г – глубокий; М – мелкий; О – с бортовыми направляющими остроугольный; С – с бортовыми направляющими и полукруглым днищем.

Таблица 5.15

Основные параметры норийных ковшей

Параметры (рис. 5.16)	Тип ковша								
	Мелкий			Средний			Глубокий		
Ширина ленты B , мм	125	150	175	125	150	170	200	300	450
Ширина ковша b , мм	100	125	150	100	125	150	160	260	390
Объем ковша i_k , л	0,5	1,0	1,2	0,5	1,0	1,3	1,6	3,6	7,2
Вылет ковша l , мм	90	125		90	125			150	175
Размеры ковша, мм:									
- высота ковша h ;	132	175		105	150			160	185
- высота передней кромки h_1 ;	42	50		50	75			100	115
- радиус скругления r	35	53		30	40			40	45
Толщина стенки δ , мм	1,0			1,4					

Размеры ковшей и их объем для элеваторов общего назначения разделены на три типа: мелкие, средние, глубокие.

5.4. Винтовые конвейеры

5.4.1 Общие сведения

Винтовые конвейеры относятся к группе транспортирующих устройств непрерывного действия. Рабочим органом у них является винт, вращающийся в закрытом желобе, нижняя часть которого имеет форму полуцилиндра. Перемещение груза вдоль желоба происходит при вращении винта. Транспортируемый груз удерживается от вращения вместе с винтом силой тяжести и силой трения о стенки желоба. Груз проталкивается вдоль желоба аналогично перемещению винтом гайки, удерживаемой от вращения. В винтовых конвейерах применяют одноходовые и многоходовые винты; последние обеспечивают более плавное движение транспортируемого материала.

Загрузка конвейеров производится через люки в крышке желоба, разгрузка – через отверстия в его днище.

Винтовые конвейеры применяют преимущественно для транспортирования сыпучих материалов. Основными их достоинствами являются: закрытый транспортный тракт; компактность по сравнению с другими транспортными устройствами (ленточные конвейеры).

ры, пластинчатые конвейеры) равной производительности; возможность загрузки и разгрузки в ряде пунктов; отсутствие потерь транспортируемых материалов; безопасность в работе и обслуживании; пригодность для транспортирования горячих и токсичных материалов.

К недостаткам винтовых конвейеров следует отнести некоторое измельчение транспортируемого материала; интенсивный износ винта и желоба при транспортировании абразивных материалов; большой удельный расход энергии; непригодность для перемещения крупнокусковых, липких и влажных материалов.

Несмотря на указанные недостатки, винтовые конвейеры получили довольно широкое распространение благодаря тому, что имеют закрытый транспортный тракт и пригодны для перемещения пылящих, токсичных и горячих материалов. Винтовые конвейеры применяют главным образом в промышленности стройматериалов (для транспортирования цемента и др.), в химической промышленности (для транспортирования пылящих и токсичных продуктов), на электростанциях (для транспортирования угольной пыли).

Наибольшее распространение получили винтовые конвейеры, транспортирующие материалы по горизонтали или под небольшим углом к горизонту.

Основными элементами винтовых конвейеров являются (рис. 5.17): винт 4, желоб 5 с загрузочными и разгрузочными патрубками и поддерживающими опорами, концевые опоры 2 (головная и хвостовая), подвесные опоры 3 и привод 1.

По форме винтовой поверхности различают следующие типы винтов (рис. 5.18): сплошной 1, ленточный 2, лопастной 3 и фасонный 4.

Сплошные винты применяют для транспортирования сухих, порошкообразных, мелкозернистых и среднекусковых материалов. Винт не допускает обратного пересыпания материала и поэтому при одинаковых диаметрах и числе оборотов дает большую производительность, чем винты других типов. Ленточные винты применяют для транспортирования крупнокусковых или липких материалов; лопастные и фасонные винты – для перемещения слеживающихся материалов или для транспортных и технологических операций (смешивание, смачивание и др.).

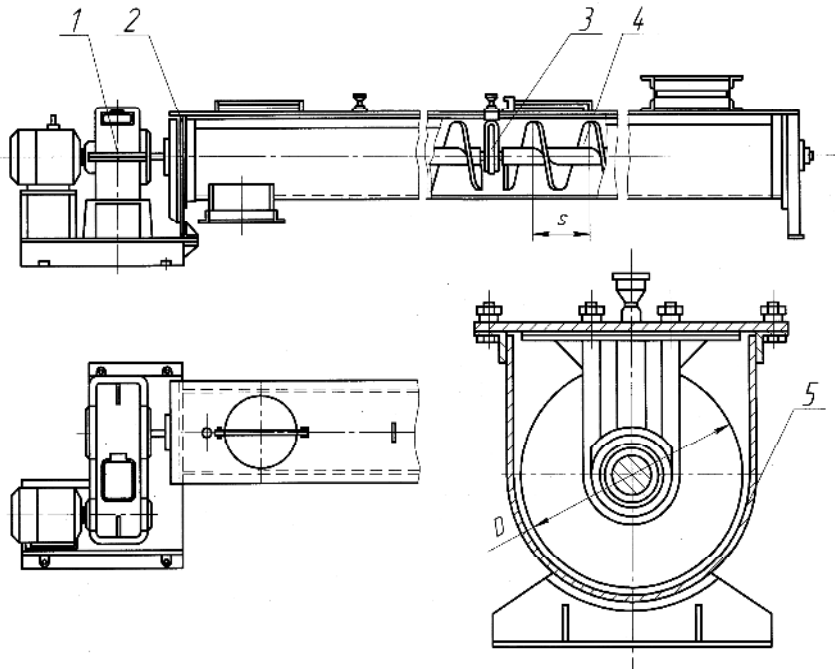


Рис. 5.17. Винтовой конвейер

Ряды диаметров винта и его шага имеют следующие значения:

Диаметр винта, мм	100	125	160	200	250	320	400	500	650	800
Шаг винта, мм	100	125	160	200	250	320	400	500	650	800
	80	100	125	160	200	250	320	400	500	650

Принятые ГОСТом значения шага винта равны 0,8 и 1,0 его диаметра.

Номинальное число оборотов винта в минуту должно соответствовать следующему ряду: 6,0; 7,5; 9,5; 11,8; 15,0; 19,0; 23,6; 30,0; 37,5; 47,5; 60,0; 75,0; 95,0; 118,0; 150,0; 190,0; 236,0 и 300,0.

Промежуточные подвесные опоры устанавливают с шагом 1,5...3,5 м.

Диаметр вала винта предварительно принимают равным

$$d_{\text{вал}} = (0,2...0,35)D.$$

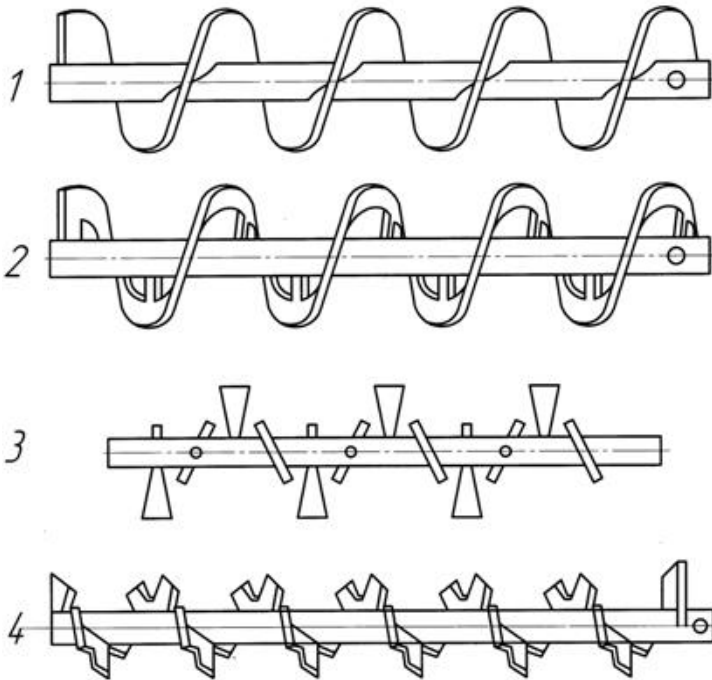


Рис. 5.18. Типы винтов:

1 – сплошной; 2 – ленточный; 3 – лопастной; 4 – фасонный

5.4.2. Расчет основных параметров винтового конвейера

Для определения основных параметров конвейера приняты следующие обозначения:

Q – производительность весовая в т/ч;

V – производительность объемная в м³/ч;

D – диаметр винта в м;

s – шаг винта в м;

$\xi = \frac{s}{D}$ – коэффициент;

γ – объемный вес транспортируемого материала в т/м³;

ψ – коэффициент заполнения поперечного сечения винта;

c_{β} – коэффициент, учитывающий угол наклона винта к горизонту;

n – число оборотов винта в минуту.

Для горизонтальных и наклонных винтовых конвейеров со сплошным винтом производительность составляет, т/ч,

$$Q = V\gamma = 60 \frac{\pi D^2}{4} sn\psi\gamma c_\beta.$$

Максимальное число оборотов винта можно определить по приближенным соотношениям:

– для легких неабразивных материалов (угольная пыль, зерно, мука, графит в порошке, опилки древесные и т.п.)

$$n = \frac{60}{\sqrt{D}};$$

– для тяжелых неабразивных материалов (каменный уголь, соль поваренная и т.п.)

$$n = \frac{45}{\sqrt{D}};$$

– для тяжелых абразивных материалов (цемент, песок и т.п.)

$$n = \frac{30}{\sqrt{D}}.$$

Коэффициент заполнения поперечного сечения винта ψ рекомендуется принимать в зависимости от рода материала:

для тяжелых абразивных материалов.....	0,125
для тяжелых малоабразивных материалов.....	0,25
для легких малоабразивных материалов.....	0,32
для легких неабразивных материалов.....	0,40

Для пылевидных легкосыпучих материалов приведенные величины рекомендуется снижать на 10...15 %.

Величина коэффициента c_β зависит от угла наклона конвейера к горизонту β :

β	0°	5°	10°	15°	20°
c_β	1,0	0,9	0,8	0,7	0,65

Предварительный диаметр винта, м, определяют по формуле

$$D = 0,283 \sqrt[3]{\frac{Q}{\xi n \psi \gamma c_\beta}}.$$

Вычисленное значение диаметра уточняется в соответствии с ГОСТ 2037–65. При расчете следует иметь в виду, что винтовые конвейеры работают в тяжелых условиях, поэтому, если в формулу были подставлены предельные значения величин n и ψ , диаметр винта следует принять ближайшим большим.

Принятый диаметр следует проверить по крупности транспортируемого материала: для сортированного материала $D \geq (10 \dots 12)a$, где a – средний размер кусков транспортируемого материала; для рядового материала $D \geq (4 \dots 6)a$, где a – размер максимальных кусков транспортируемого материала.

Объемную, $\text{м}^3/\text{ч}$, и весовую, $\text{т}/\text{ч}$, производительность горизонтальных и пологонаклонных винтовых конвейеров определяют по формулам:

$$V = 60 \frac{\pi D^2}{4} s n \psi c_{\beta} = 60 \frac{\pi D^3}{4} \xi D \psi c_{\beta};$$

$$V = 47 D^3 \xi n \psi c_{\beta};$$

$$Q = 47 D^3 \xi n \psi c_{\beta} \gamma.$$

При перемещении винтом транспортируемого материала вдоль желоба конвейера работа затрачивается на трение материала о желоб и о винт, на трение в подвесных и концевых подшипниках, на проталкивание материала в зоне подвесных подшипников и на перемешивание и дробление материала при движении по желобу.

Величина сопротивления проталкиванию материала в зоне подвесных подшипников, перемешивания и дробления материала при его транспортировании может быть установлена только опытным путем. Потребную мощность, кВт, практически определяют с помощью эмпирических данных:

$$N_{\text{винта}} = \frac{QL}{367} (\omega \pm \sin \beta),$$

где ω – эмпирический коэффициент сопротивления движению, зависящий от рода транспортируемого груза; величину ω принимают по таблицам.

Мощность двигателя, кВт, вычисляют по формуле

$$N_{\text{двиг}} = \frac{N_{\text{винта}}}{\eta}.$$

где η – КПД привода.

При расчете винтовых конвейеров следует иметь в виду, что серийно изготавливаемые конвейеры допускают предельную длину транспортирования до 30...50 м. При необходимости применения винтовых конвейеров большей длины они могут быть выполнены двухприводными.

5.5. Роликовые конвейеры

5.5.1. Основные типы

Роликовые конвейеры служат для перемещения штучных или фасованных грузов по горизонтали или под небольшим углом. К штучным грузам относятся: бревна, брус, доски, поддоны, ящики и другие грузы, имеющие плоскую опорную поверхность, прямые продольные опорные ребра, цилиндрическую форму. Перемещение грузов на конвейере происходит качением по поверхности роликов, оси которых закреплены на раме конвейера.

По принципу действия конвейеры делятся на неприводные и приводные. Первые перемещают грузы под действием приложенной к ним внешней силы или под действием силы тяжести груза. Вторые перемещают груз за счет сил трения между поверхностью груза и поверхностью приводного ролика, т.е. ролик должен приводиться во вращение специальным приводным устройством.

Роликовые конвейеры подразделяются на стационарные (рис. 5.20) и передвижные, монтируемые на колесах (рис. 5.19). Конвейеры большей длины собираются из отдельных секций, имеющих раму с укрепленными на ней роликами (см. рис. 5.20). Для изменения угла наклона роликовой батареи стойки нередко выполняют выдвигными.

Неприводные роликовые конвейеры позволяют применять переходные секции для изменения направления движения груза, наподобие стрелок рельсовых путей (рис. 5.21).

Роликовые конвейеры часто вводят в систему оборудования поточных технологических линий как средство подачи изделия от одного станка к другому.

В некоторых случаях ролики конвейеров делают с винтовым витком, выступающим над цилиндрической поверхностью ролика. Это позволяет осуществлять боковое перемещение транспортируе-

мого материала. Приводные роликовые конвейеры имеют широкое применение на заводах, производящих резку и раскрой листового и профильного материала, на лесопильных и деревообрабатывающих предприятиях при подаче бревен, бруса и досок от станка к станку. Очень часто неприводные роликовые конвейеры называют гравитационными, а приводные – рольгангами.

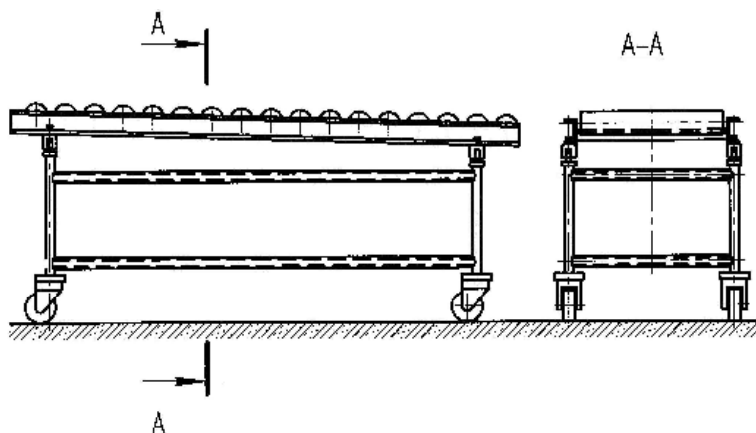


Рис. 5.19. Схема неприводного роликового передвижного конвейера

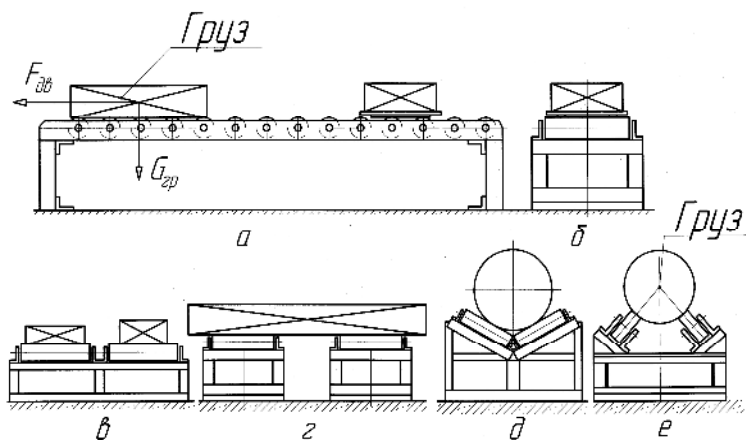


Рис. 5.20. Схемы неприводных роликовых конвейеров:
a – боковой вид конвейера; *б* – однорядный конвейер;
в – двурядный конвейер; *г* – отдельный конвейер для больших грузов;
д – конвейер для цилиндрических грузов;
е – дисковый конвейер для цилиндрических грузов

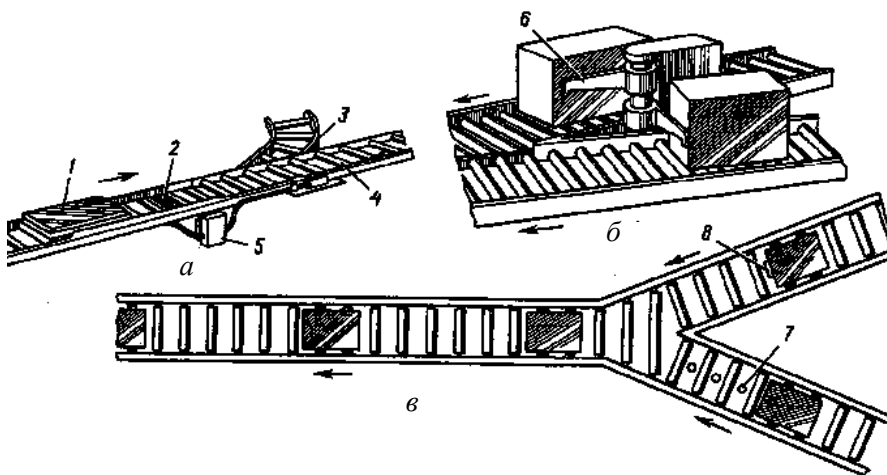


Рис. 5.21. Схемы автоматических устройств на стрелках:

а – передача груза на ответвлённый конвейер;

б и *в* – блокирующие устройства;

1 – контейнер; *2* – считывающий датчик; *3* – ответвлённый конвейер;

4 – переводной рычаг; *5* – считывающее устройство; *6* – колонка

с дууплечим рычагом; *7* – электрические выключатели; *8* – стопор

По способу передачи на ролики вращающих моментов конвейеры бывают с индивидуальным и групповым приводом (рис. 5.23).

Схема ролика приводного конвейера приведена на рис. 5.24.

Наибольшее распространение получил групповой привод с цепными передачами для условий работы средней тяжести при небольших скоростях, а для легких и особо легких условий применяют ременные передачи.

На роликовых конвейерах с индивидуальным приводом в большинстве случаев используют низкоскоростные двигатели, присоединяемые к осям роликов посредством упругих муфт. Основным недостатком последних является их высокая стоимость.

Возможность собирать из отдельных секций роликовых конвейеров самые разнообразные транспортные схемы и легкость стыковки с ленточными, пластинчатыми, тележечными конвейерами способствуют широкому применению этих конвейеров в современных транспортно-технологических системах разных производств.

5.5.2. Параметры роликовых конвейеров

Параметры стационарных неприводных роликовых конвейеров общего назначения регламентируются ГОСТ 8324–57. С целью унификации они применяются и для приводных роликовых конвейеров (за исключением специальных случаев).

Основные параметры и типоразмеры однорядных роликовых конвейеров приведены в табл. П.4.28. Ширину многорядных роликовых конвейеров определяют конструктивно, с использованием нормированной длины ролика B_1 (рис. 5.22).

Для расстановки роликов с определенным шагом t пользуют ряд: 80, 100, 160, 250, 350, 500, 700 и 900 мм или ряд: 90, 125, 200, 300, 400, 600, 800 и 1 000 мм. Радиусы R поворотных участков конвейеров выбирают из ряда: 630, 1 600, 2 500, 4 000, 6 300 мм (предпочтительный ряд) или из ряда: 500, 560, 710, 800, 900, 1 000, 1 120, 1 250, 1 400, 1 800, 2 000, 2 240, 2 800, 3 150, 3 550, 4 500, 5 000 и 5 600 мм.

В конвейерах общего назначения для грузов от 200 до 5 000 кг применяют ролики из стальных труб (рис. 5.25), а в легких конвейерах с погонной нагрузкой до 100 кг/м – ролики из полимерных материалов (рис. 5.26). Как правило, конвейеры собирают из секций стандартной длины – 3,0; 1,5; 1,0 м.

Длину конвейера, не кратную стандартным длинам секций, дополняют нестандартной вставкой.

Применение неприводных роликовых конвейеров в современных схемах механизации внутризаводских транспортных сетей требует широкого использования вспомогательного конвейерного оборудования: криволинейных секций, поворотных столов, стрелок, перегрузочных устройств, откидных и поворотных секций для образования проездов и проходов через конвейерные линии и т.п. (рис. 5.27).

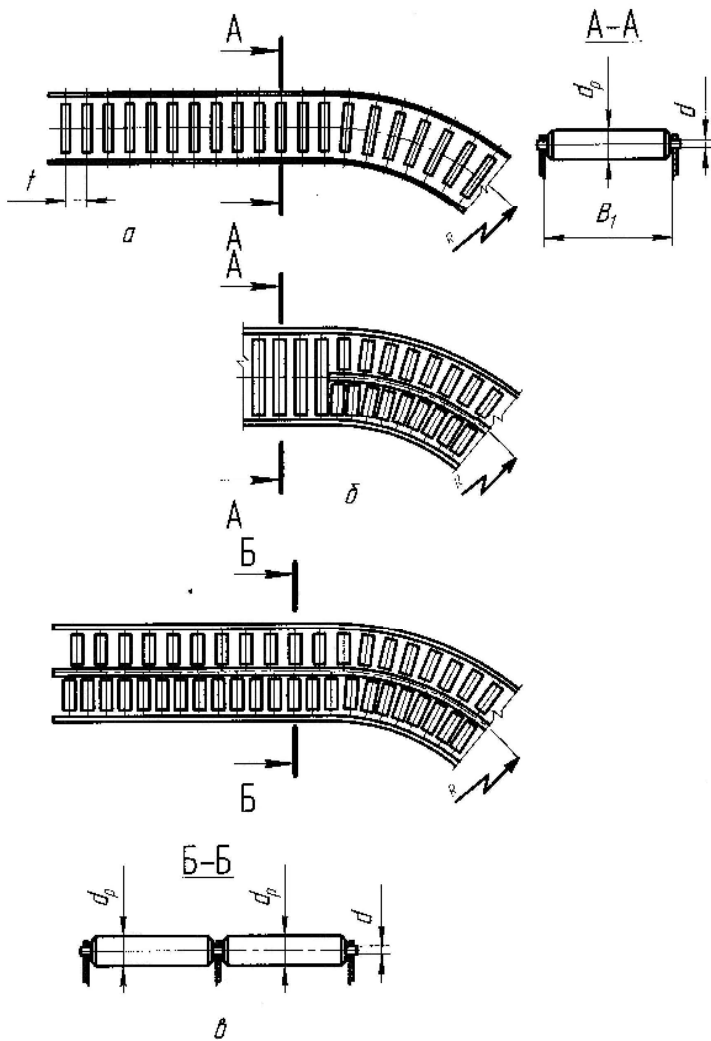


Рис. 5.22. Схемы роликовых неприводных конвейеров общего назначения:
a – однорядный конвейер; *б* – однорядный конвейер с двухрядным поворотным участком; *в* – многорядный конвейер

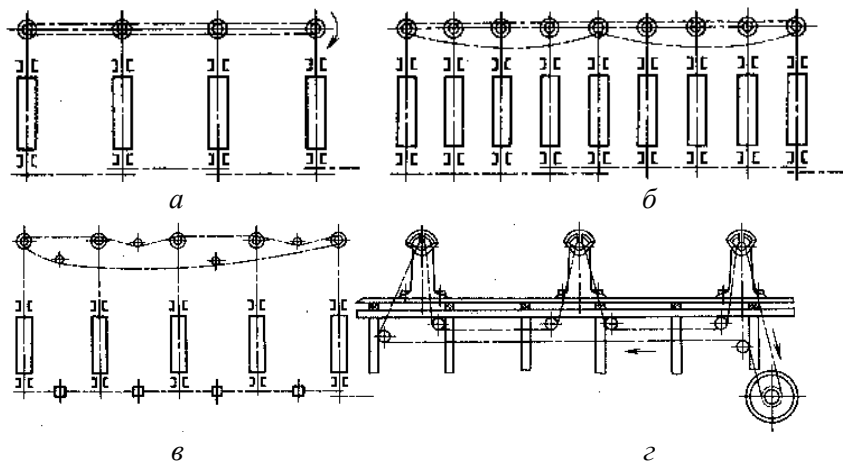


Рис. 5.23. Схемы цепных передач движения ролика

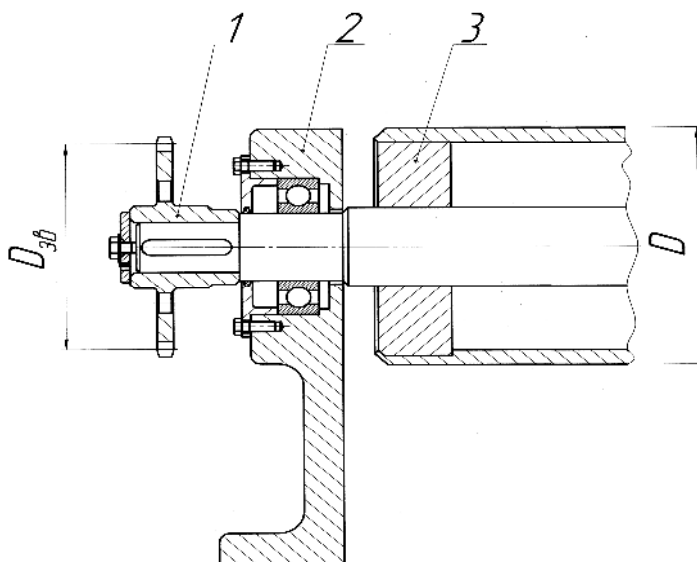


Рис. 5.24. Схема ролика приводного конвейера общего назначения:
 1 – звездочка цепной передачи; 2 – опора, 3 – ролик в сборе

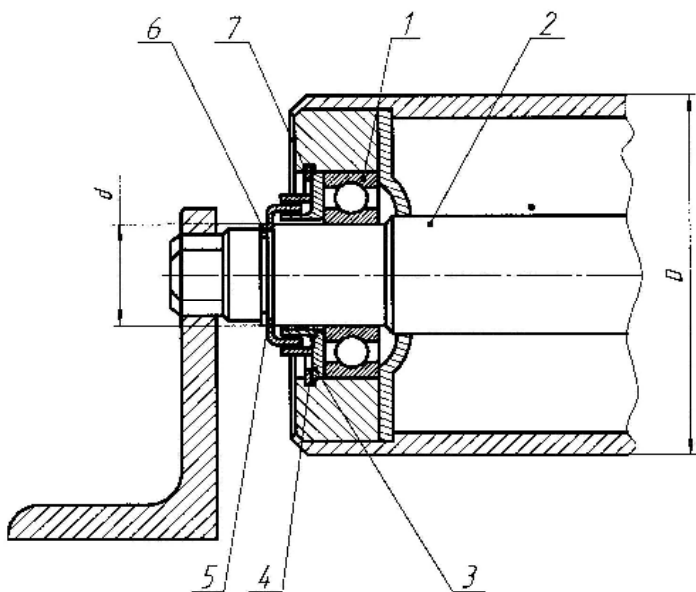


Рис. 5.25. Ролик конвейера общего назначения:
 1 – шарикоподшипник; 2 – ось; 3 и 4 – лабиринтные кольца;
 5 – лабиринтная крышка; 6 и 7 – запорные кольца

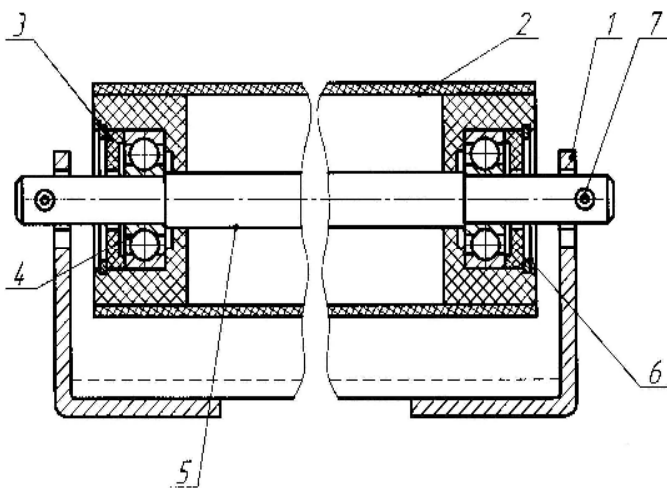


Рис. 5.26. Ролик лёгкого конвейера:
 1 – лёгкая рама; 2 – полимерный ролик; 3 – вкладыш; 4 – крышка;
 5 – ось; 6 – запорные кольца; 7 – стопор от проворачивания оси

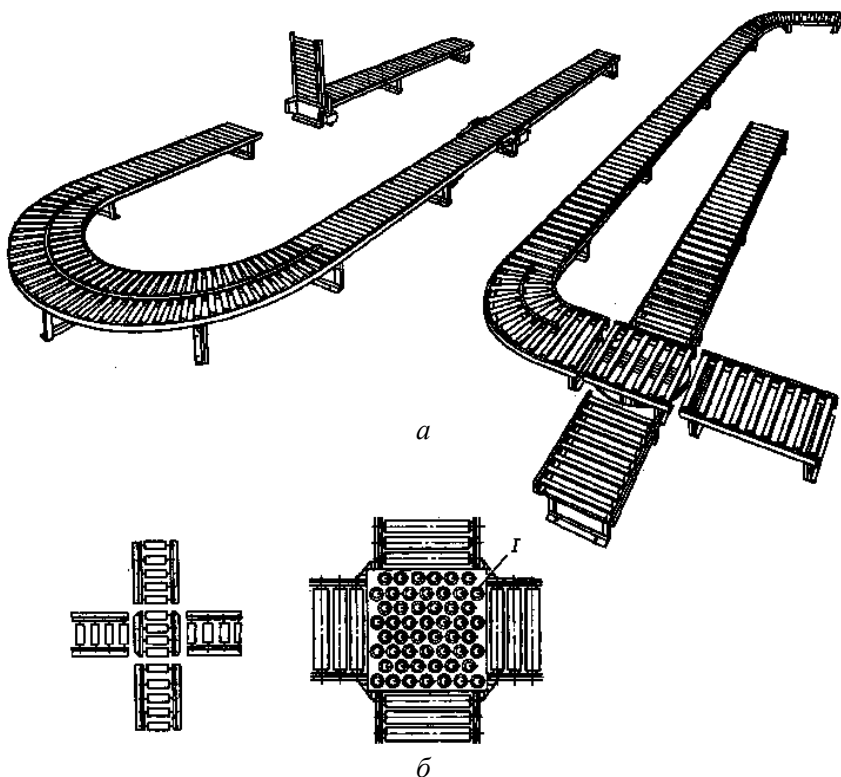


Рис. 5.27. Поворотные устройства роликовых конвейеров:
a – криволинейные секции; поворотные столы;
б – перегрузочные устройства

5.5.3. Расчет гравитационных конвейеров

Передвижение грузов по стационарным роликам конвейера представляет собой передвижение на колесах, при котором имеет место трение качения грузов по роликам и трение качения или скольжения в подшипниках роликов. Следовательно, чтобы груз перемещался по горизонтально расположенным роликам, необходимо, чтобы к нему была приложена сила F , большая чем сопротивление вращению роликов W_p , или чтобы поверхность качения была наклонена к горизонту на угол β , достаточный для того, чтобы составляющая силы тяжести груза $F_{гр}$ была больше силы сопротивления W_p (рис. 5.28).

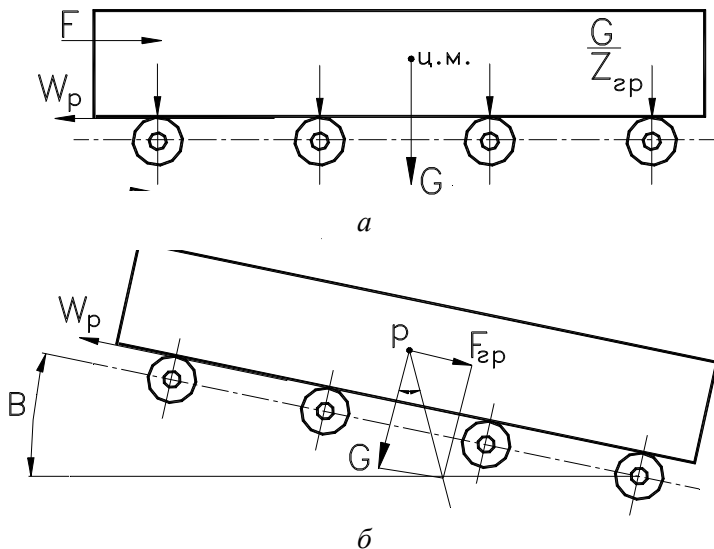


Рис. 5.28. Схема сил, действующих при перемещении груза по роликовому неприводному конвейеру:
a – горизонтальный конвейер; *б* – наклонный конвейер

Расчет роликового неприводного конвейера производят в такой последовательности:

- намечают трассу движения груза;
- определяют штучную производительность, шт./ч, при скорости движения U , м/с, с шагом грузов a , м:

$$Z = \frac{3600U}{a};$$

- находят интервал времени между грузами или партиями грузов при равномерном поступлении их на конвейер с шагом a и скоростью U , с:

$$t = \frac{a}{U};$$

- определяют продолжительность движения по конвейеру одного груза, с:

$$t_1 = \frac{L + a}{U};$$

- устанавливают количество грузов, одновременно находящихся на конвейере, шт.:

$$Z_0 = \frac{t_1}{t} = \frac{Z(L+a)}{3600U};$$

- находят шаг грузов – величину, определяемую размером груза $l_{\text{гр}}$ вдоль оси конвейера с учетом расстояния между грузами l_1 , м:

$$a = l_{\text{гр}} + l_1;$$

- устанавливают количество роликов, на которые опирается груз; оно не должно быть меньше двух и зависит от длины груза $l_{\text{гр}}$ и шага a_p расстановки роликов, шт.:

$$Z_{\text{гр}} = \frac{l_{\text{гр}}}{a_p};$$

- вычисляют полную величину силы сопротивления движению груза или силу, необходимую для передвижения груза по горизонтальному неприводному конвейеру с помощью подающего (толкающего) приспособления, Н:

$$W = W_1 + W_2 + W_3,$$

где $W_1 = G \frac{2k}{D}$ – сопротивление качению груза по роликам, Н;

$W_2 = (G + pZ_{\text{гр}}) \frac{\mu d}{D}$ – сопротивление, вызванное сопротивлением в цапфах роликов, на которых лежит груз с учетом веса роликов, Н;

$W_3 = K \frac{PZ_{\text{гр}} U^2}{gL}$ – сопротивление, учитывающее скольжение груза

по роликам и сообщенную им кинетическую энергию (Z – число всех роликов по длине конвейера L), Н; G – вес перемещаемого штучного груза, Н; k – коэффициент трения качения груза по роликам; D – наружный диаметр ролика, м; d – диаметр цапфы ролика м; P – вес вращающихся частей ролика, кг; K – коэффициент неравномерности распределения массы вращающихся частей ролика, равный 0,8...0,9; g – ускорение силы тяжести, м/с.

С учетом выражений для W_1 , W_2 , W_3 получим, Н,

$$W = G \frac{2k}{D} + (G + PZ_{\text{гр}}) \frac{\mu d}{D} + K \frac{PZU^2}{gL};$$

• по табл. П.4.29 или по формуле $\operatorname{tg}\beta = \frac{W}{G}$ определяют угол наклона β для гравитационных роликовых конвейеров.

Из схемы (рис. 5.27) видно, что для движения груза по наклонному неприводному конвейеру должно выполняться условие $F_{\text{гп}} > W$, а $F_{\text{гп}} = G \cdot \operatorname{tg}\beta$.

Для перемещения груза по горизонтальному неприводному конвейеру должно выполняться условие $F > W$.

5.5.4. Приводные роликовые конвейеры

При проектировании приводных роликовых конвейеров исходные данные аналогичны, как и для неприводных. Так же подбирают и определяют основные параметры (кроме подбора двигателя и кинематической схемы привода). На приводном роликовом конвейере все ролики получают вращение от электродвигателя, независимо от того, проходит ли по ним в данный момент груз. Потребную мощность приводного двигателя, кВт, определяют по формуле

$$N = \left(\frac{Q_{\text{в}} H}{367} + \frac{Q_{\text{в}} L_{\text{г}} w'}{367} + \frac{z p w'_1 U}{102} \right) \frac{1}{\eta_{\text{м}}},$$

где $Q_{\text{в}}$ – производительность конвейера, м³/ч; H – высота подъёма груза, м; L , $L_{\text{г}}$ – длина горизонтального участка (проекция), м; w' – коэффициент сопротивления перемещению лежащих на конвейере грузов; w'_1 – коэффициент сопротивления вращению роликов; z – количество роликов на конвейере, шт.; p – вес вращающейся части ролика, Н; U – скорость движения груза, м/с; η – КПД приводного механизма.

Для горизонтального конвейера, кВт,

$$N = \left(\frac{Q_{\text{в}} L w'}{367} + \frac{z p w'_1 U}{102} \right) \frac{1}{\eta_{\text{м}}},$$

а при транспортировке штучных грузов весом G и производительностью z , шт./ч,

$$N_{\text{ш}} = \left(\frac{GZLw'}{367} + \frac{zpw'_1 U}{102} \right) \frac{1}{\eta}.$$

По расчетной мощности подбирают электродвигатель и кинематическую схему группового привода. Далее определяют частоту вращения одного ролика для обеспечения заданной скорости перемещения груза, об/мин:

$$n_p = \frac{60U}{\pi D_p},$$

где U – окружная скорость ролика, равная скорости груза, м/с; D_p – наружный диаметр ролика, м.

Общее передаточное число привода:

$$u_{\text{об}} = \frac{n_э}{n_p}.$$

Если кинематическая схема включает редуктор, то передаточное число разбивается на части, т.е. $u_{\text{об}} = u_{\text{ред}} \cdot u_{\text{цеп}}$, где $u_{\text{ред}}$ – передаточное число редуктора; $u_{\text{цеп}}$ – передаточное число цепного привода.

Редуктор подбирают стандартный и рассчитывают параметры цепной передачи.

При необходимости можно определить наибольший крутящий момент, передающийся на один ролик, если груз одновременно лежит на Z_r роликах и вес его распределяется на ролики неравномерно с коэффициентом $\kappa > 1$:

$$M_1 = \left(\frac{\kappa Gw'}{Z_r} + Pw'_1 \right) \frac{D_p}{2}.$$

5.6. Толкающие разгрузатели

Толкающий разгрузатель СМЦ-144 (рис. 5.29) 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.

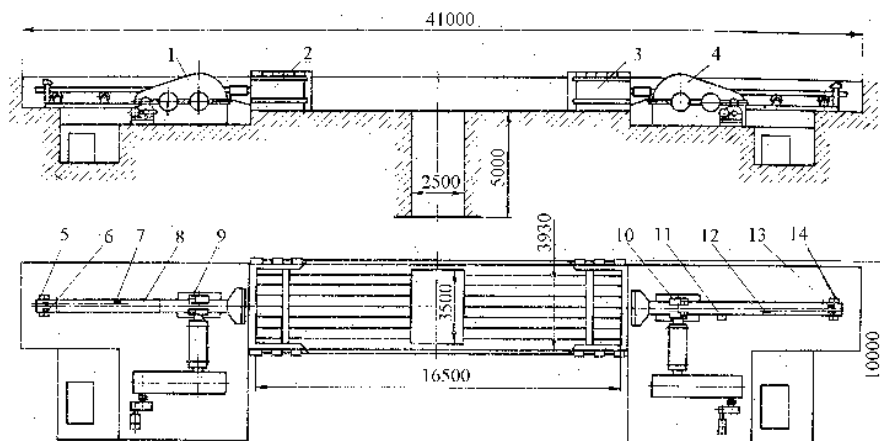


Рис. 5.29. Толкающий разгрузатель СМЦ-144:

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

Рабочими органами разгрузателя являются сварные подвижные, открытые сверху и спереди ковши 2, 3 (см. рис. 5.29), 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.

В нижней части ковшей имеются направляющие для предохранения 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 – и промежуточного соединения. Между редукторами смонтирована предохранительная муфта, которая срабатывает при перегрузках, что предохраняет 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 используется жидкостная станция. Зацепление пары рейка – шестерня смазывают маслом, которое заливается в корпус шестерни.

Толкающие разгрузатели выпускает ПО «Волгоцеммаш». Их работа 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...7,0 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 табл. 5.16.

Таблица 5.16

Техническая характеристика толкающего разгрузателя СМЦ-144

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

5.7. Пневмотранспорт

5.7.1. Общие сведения

Установки пневматического транспорта служат для перемещения насыпных и штучных грузов по трубам или желобам при помощи сжатого или разреженного воздуха.

Пневмотранспортные установки для насыпных грузов по принципу действия разделяют на транспортирующие груз в потоке воздуха во взвешенном состоянии; транспортирующие груз методом аэрации, т.е. насыщения воздухом сыпучего тела, приобретающего при этом свойства жидкости и текущего по наклонному желобу под действием силы тяжести; транспортирующие груз по методу флюидизации (псевдооживления), когда насыщенный воздухом сыпучий материал приобретает высокую подвижность, обеспечивающую возможность перемещения его по трубам под действием давления воздуха. Последний вид пневматического перемещения груза называется также транспортированием аэрированными потоками в плотной фазе.

Преимущества установок пневматического транспорта заключаются в компактности трубопроводов, герметичности, возможности полной автоматизации процесса перемещения грузов, высокой надежности, простоте эксплуатации. К их недостаткам относятся высокий расход энергии (в 10...15 раз больше, чем, например, у ленточных конвейеров); интенсивное изнашивание оборудования при транспортировании абразивных материалов; непригодность для транспортирования вязных грузов (липких, влажных).

Основными элементами пневмотранспортных установок являются загрузочные устройства (питатели, сопла), затворы, фильтры, разгрузочные устройства (циклоны, воздухоотделители), трубопроводы, ресиверы, маслоотделители.

Питатели. Питатели предназначены для подачи сыпучего материала в транспортный трубопровод. Они бывают винтовые и камерные. Камерные, в свою очередь, разделяются на одно- и двухкамерные. У однокамерного питателя, работающего с подачей воздуха вверх, транспортный трубопровод расположен вертикально по оси камеры. Аэрированный материал под давлением воздуха поступает в трубопровод и перемещается по нему вверх.

Камерные питатели не имеют вращающихся в сыпучей среде деталей и поэтому могут применяться при транспортировании аб-

разивных материалов. Недостатком однокамерных питателей является то, что их необходимо периодически выключать для заполнения транспортируемым материалом. Этот недостаток в значительно меньшей степени проявляется в двухкамерных питателях, состоящих из двух спаренных камер, каждая из которых автоматически поочередно заполняется грузом во время рабочей части цикла соседней камеры.

Сопла. Для подачи насыпного груза в трубопровод всасывающих пневмотранспортных установок применяют стационарные и переносные сопла. Сопло состоит из наружной и внутренней труб. Всасывающие сопла выполняют диаметром 45...180 и длиной 800...1 200 мм; толщина стенок труб 1,5...2,0 мм.

Затворы. Затворы предназначены для выпуска сыпучих материалов из разгружаемых емкостей, давление в которых меньше чем в трубопроводах или в емкостях, принимающих материал, и для предотвращения прорыва воздуха с повышенным давлением в разгружаемую емкость. Затворы подразделяются на ротационные и камерные шлюзовые.

Недостатком ротационного затвора является интенсивное изнашивание при транспортировании абразивных материалов из-за наличия вращающихся деталей, соприкасающихся с абразивной средой.

Камерные шлюзовые затворы не имеют вращающихся частей, поэтому более износостойки, но работают циклически (периоды подачи груза сменяются паузами), что снижает их пропускную способность и является недостатком, который может быть устранен применением спаренных двухкамерных затворов. В последнем режиме работы одного затвора смещен на полцикла относительно другого.

Фильтры. Применяемые в пневмотранспортных установках фильтры предназначены для очистки воздуха от пылевидных частиц насыпного груза. Их разделяют на сухие и мокрые.

Отделители. Для отделения транспортируемого груза от воздуха применяют отделители с внутренними направляющими поверхностями и циклонные.

Трубопроводы. Транспортные трубопроводы изготавливают из листовой стали толщиной 0,6...3,0 мм или из цельнотянутых стальных труб диаметром 50...300 мм с толщиной стенок 1...12 мм, причем толстостенные трубы (10...12 мм) применяют

при транспортировании абразивных материалов для компенсации износа. При транспортировании неабразивных материалов применяют трубы из пластмассы.

Для снижения абразивного износа скорость движения воздуха должна быть минимально возможной при условии бесперебойного транспортирования. В качестве трубопроводов используют также гибкие шланги, например, для присоединения сопла, в судоразгрузочных установках. Ресиверы применяют для выравнивания давления воздуха, подаваемого воздуходувными машинами с возвратно-поступательным движением поршня. В систему трубопроводов входят маслоотделители, очищающие воздух от попавших в него капель масла, например, из воздуходувных машин.

Воздуходувные машины. Воздуходувные машины разделяют на центробежные и поршневые. К первым относятся вентиляторы и турбомашины, а ко вторым – ротационные машины (водокольцевые насосы, с радиальными подвижными пластинами, коловратные) и машины с поступательно движущимися поршнями. Основным недостатком водокольцевых насосов является низкий КПД (0,40...0,45).

5.7.2. Классификация пневмотранспортных установок

Пневмотранспортные установки различают по способу создания воздушного потока и величине его давления в системе трубопроводов, а также по функциональным признакам.

В зависимости от давления воздуха в системе пневмотранспортных установок различают установки низкого, среднего и высокого давления.

В установках низкого давления разность давлений, под действием которой возникает воздушный поток, не превышает 5 кПа, в установках среднего давления эта разность лежит в пределах от 5 до 10 кПа, установки высокого давления работают при разности давлений от 10 кПа и выше. Наибольшее распространение получили пневмотранспортные установки низкого давления благодаря их простоте, надежности и не высокой стоимости.

В зависимости от способа создания воздушного потока различают пневмотранспортные установки:

- 1) всасывающие, работающие разреженным воздухом;
- 2) нагнетательные, работающие напорным воздухом;

3) всасывающе-нагнетательные, состоящие из всасывающей и нагнетательной систем, работающих от одного вентилятора.

Принцип действия всасывающей пневмотранспортной установки (рис. 5.29, а) следующий.

Воздуходувная машина (вентилятор) 7 через воздухопровод 6 забирает воздух из циклона 4, поддерживая в нем постоянное давление меньше атмосферного на величину H_1 . Под действием этого давления, которое во всасывающем трубопроводе 2 образуется воздушный поток, транспортирующий сыпучий материал (опилки, стружки, цепа) от загрузочного устройства 3 в циклон 4. В циклоне материал осаждается и попадает в герметичный бункер 5. Если транспортируемый материал содержит много пыли и циклон не обеспечивает ее осаждения, то после выброса из него воздух дополнительно очищается в специальных фильтрах.

Всасывающие установки применяются для перемещения сыпучих древесных материалов из одного или нескольких приемных пунктов в один (цеховые пневмотранспортные установки).

Нагнетательные пневмотранспортные установки (рис. 5.30, б) отличаются от всасывающих тем, что давление в воздуховоде у них выше атмосферного. Из воздухозаборника 1 воздуходувная машина 7 нагнетает воздух в воздухопровод 2; в загрузочное устройство 3 поступает транспортируемый материал, который подхватывается воздушным потоком и по воздуховоду 6 транспортируется в циклон 4. Здесь материал осаждается и попадает в бункер 5, а воздух выходит в атмосферу через выхлопную трубу. Если циклон не обеспечивает требуемой очистки воздуха, то последний из циклона можно направить в специальный фильтр для более тонкой очистки.

Нагнетательные установки обычно применяются для транспортирования сыпучих древесных материалов из одного пункта в один или несколько пунктов.

Наибольшее распространение получили всасывающе-нагнетательные пневмотранспортные установки (рис. 6.30, в). Ветвь 1, 2, 6 работает как всасывающая установка, а ветвь от вентилятора до циклона 8, как нагнетательная.

Всасывающе-нагнетательная пневмотранспортная установка обладает положительными качествами всасывающей и нагнетательной установок, так как она может транспортировать сыпучий материал из одного или нескольких пунктов в один или несколько пунктов.

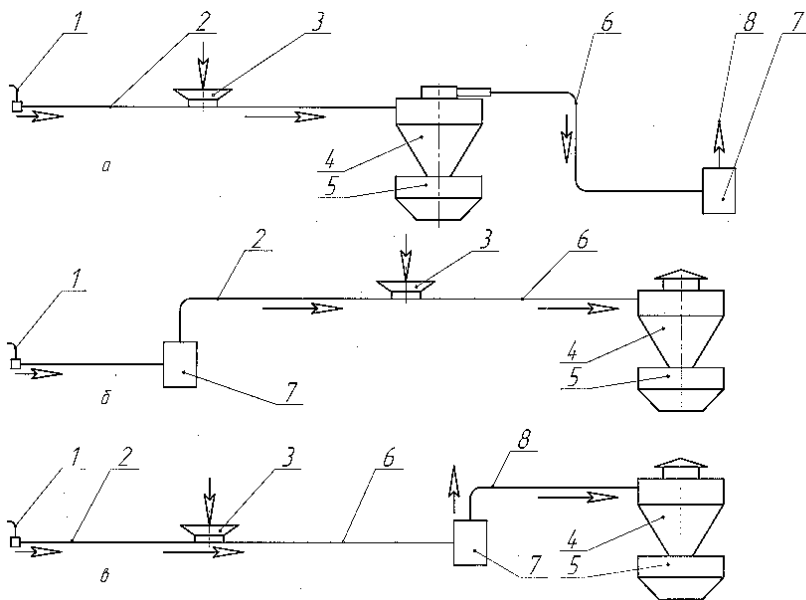


Рис. 5.30. Схемы пневмотранспортных установок:

а – всасывающая; *б* – нагнетательная; *в* – всасывающе-нагнетательная.
 1 – воздухозаборник; 2, 6, 8 – воздуховоды; 3 – загрузочное устройство;
 4 – циклон; 5 – бункер с шлюзовым затвором; 7 – воздуходувная машина

Всасывающе-нагнетательная пневмотранспортная установка с промежуточным циклоном (рис. 5.31) устроена таким образом, что транспортируемый материал не проходит через воздуходувную машину (вентилятор), что увеличивает срок ее эксплуатации и дает возможность применять воздуходувные машины, предназначенные для чистого воздуха.

В рассматриваемой установке перемещаемый материал поступает по всасывающему транспортному трубопроводу 2 в промежуточный циклон 3, где осаждается и с помощью загрузочного устройства 4 подается в напорный транспортный трубопровод 7 и далее в циклон 8 и бункер 9. Разрежение в промежуточном циклоне и напор в трубопроводе 7 создаются одной воздуходувной машиной, через которую проходит очищенный воздух.

По функциональному признаку пневмотранспортные установки разделяются на два типа: аспирационные и транспортные.

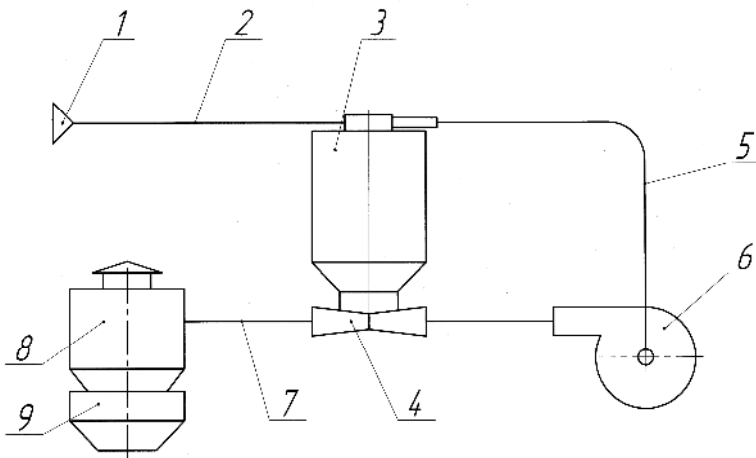


Рис. 5.31. Всасывающе-нагнетательная невмотранспортная установка с промежуточным циклоном:

- 1 – грузозное устройство приемник (всасывающая воронка);
- 2 – всасывающий транспортный трубопровод; 3 – промежуточный циклон; 4 – грузозное устройство инжекционная воронка;
- 5 – трубопровод чистого воздуха; 6 – воздуходувная машина;
- 7 – нагнетательный транспортный трубопровод; 8 – циклон; 9 – бункер

Аспирационные (цеховые) располагаются внутри производственных помещений и предназначены для удаления сыпучих отходов от деревообрабатывающих станков и транспортировки их за пределы цеха. Такие установки работают при давлении воздуха в системе до 5 кПа, т.е. являются установками низкого давления и могут быть всасывающими и всасывающе-нагнетательными.

Транспортные установки обеспечивают только перемещение сыпучих материалов внутри цехов по технологическому потоку или по территории предприятия. В зависимости от вида транспортируемого материала, концентрации аэросмеси и расстояния транспортирования они могут быть всасывающими, нагнетательными и всасывающе-нагнетательными. Транспортные установки, в свою очередь, различаются по способности перемещать аэросмеси различной концентрации и разделяются на установки низкой, средней и высокой концентрации. В установках низкой концентрации $\mu < 0,5$, средней концентрации $0,5 < \mu < 0,5$, высокой концентрации $\mu > 2$.

Таблица 5.17

Параметры пневмотранспортных установок для насыпных грузов

Насыпной груз	$\rho_r, \text{т/м}^3$	Концентрация смеси μ при транспортировании груза			Скорость, м/с		
		во взвешенном состоянии	в плотной фазе в трубе		частиц груза		воздуха u
			горизонтальной	вертикальной	u_v , витания	$u_{кр}$, критическая	
Антрацит-штыб	–	–	–	–	7,5	–	–
Антрацитовый концентрат	3,22	20...30	–	–	1,0	–	–
Бокситы	2,6	–	120	До 200	–	–	–
Глинозем	1,8...3,85	–	90	240...450	0,46	–	–
Доломитовый концентрат	3,25	–	–	–	–	–	–
Зола	1,3	–	150	450	–	–	–
Каолин	–	–	–	–	1,8...2,1	–	–
Мел в порошке	–	–	–	–	–	0,4	–
Молотый кварцевый песок	2,65	–	–	–	–	–	–
Нефелиновый концентрат	2,8	25...30	–	–	1,25	–	–
Огарковая пыль	–	10...15	–	–	–	–	–
Огарок колчедана	–	11,0...24,5	–	–	9	–	–
Песок	2,6	3...20	–	–	–	–	–
Тальк	2,6...2,8	–	–	–	0,5...0,8	–	–
Угольная пыль	1,3	12...40	–	–	0,14	–	–
Уголь	1,3	–	100	300	–	–	–
Фосфоритная мука	3	30...40	–	–	1,2...1,38	–	–
Фосфаты	2,5	–	100	300	–	–	–
Цемент	2,6...3,2	12,5...40,0	До 150	600	–	5,5	5,8...36
Щебень	2,0	3...20	–	–	–	–	40,5

5.7.3. Пневматические транспортные желоба

Для механизации транспорта сухих порошкообразных материалов (цемент, угольная пыль, фосфоритная мука, извести и др.) на промежуточных и внутрицеховых участках получили распространение пневматические транспортные желоба. Принцип действия их заключается в следующем: если через пористую перегородку с лежащим на ней порошкообразным материалом подавать сжатый воздух, то он будет проходить сквозь перегородку в виде мельчайших струек. Их поток, воздействуя на частицы лежащего на пористой перегородке материала, приводит их в колебательное движение, которое нарушает сцепление между частицами, и материал становится подвижным, напоминая жидкость. Для того чтобы заставить подвижную смесь двигаться, достаточно пористой перегородке (желобу) придать небольшой уклон (0,01...0,06).

Достоинствами пневматических транспортных желобов являются простота конструкции, долговечность вследствие отсутствия движущихся частей, большая производительность при малом расходе энергии, возможность загрузки и выгрузки на любом участке пневможелоба, простота монтажа и обслуживания. К недостаткам относится то, что пневможелоба работают только при установке их с уклоном не менее 0,04...0,06. Это ограничивает их применение, так как при большой длине транспортирования головная часть пневможелоба должна быть приподнята на значительную высоту, а это не всегда позволяют условия производства.

Пневмотранспортная установка с пневможелобом (рис. 5.32, а) состоит из желоба 1, загрузочного бункера 2 с течкой 3, вентилятора высокого давления 4, двигателя 5, фильтра 6, дросселя 7, соединительного 8 и разгрузочного 9 патрубков. Ширина желоба определяется потребной производительностью установки, а длина – размерами стандартных стальных листов. Пневможелоб собирается из нескольких секций, соединяемых на фланцах с уплотняющими прокладками. Каждая секция (рис. 5.32, б) состоит из верхнего 10 и нижнего 11 корыт; между ними укладывается пористая перегородка 12, которая в продольном сечении делит желоб на две части. Перегородка может быть твердой (керамической) 1 и мягкой (тканевой) 11. Верхняя часть желоба предназначена для движения материала, нижняя – для движения воздуха, поступаю-

шего от вентилятора. Для отвода обработанного воздуха в верхней части желоба имеются окна 13, в которые устанавливаются тканевые фильтры. Для изменения направления движения материала в желобах предусматривают короткие угловые секции, а для отвода движущегося по желобу материала – секции со специальными отводными клапанами. Засасываемый вентилятором воздух должен быть свободен от пыли; при запыленной атмосфере необходимо применять фильтры, которые располагают перед всасывающим патрубком вентилятора.

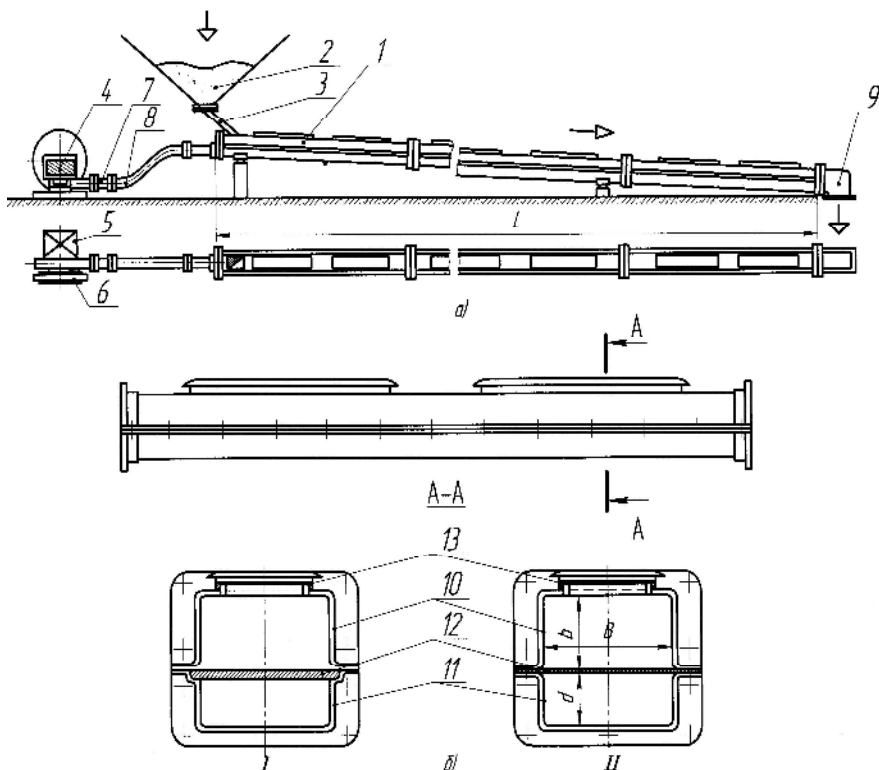


Рис. 5.32. Установка с пневмотранспортным желобом:
а – схема установки; *б* – конструкция секции желоба

Техническая характеристика пневможелобов для цемента с различными перегородками приведена в табл. 5.18.

Таблица 5.18

Характеристика пневможелобов для цемента

Типо-размер	Производительность Q , т/ч	Размеры желоба (рис. 5.31)				Расход воздуха V , м ³ /ч	Сопротивление ξ , кг/м	Расход мощности, кВт/ч
		L , м	B , м	b , мм	d , мм			
<i>Желоба с перегородкой из керамики</i>								
125	20	10	125	100	100	120	240 ₃	0,65
		25	125	100	100	300	270	1,0
		40	125	100	100	480	300	1,45
250	40	10	250	100	200	240	240	0,82
		25	250	100	200	600	270	1,6
		40	250	100	200	960	300	2,2
400	80	10	400	85	300	380	240	1,1
		25	400	85	300	960	270	2,2
		30	400	85	300	1540	300	3,3
500	120	10	500	75	300	480	240	1,3
		25	500	75	300	1200	270	2,7
		40	500	75	300	1920	300	4,5
<i>Желоба с перегородкой из многослойной ткани</i>								
100	17	10	100	150	50	120	240	0,6
		20	100	170	70	240	260	0,6
		30	100	200	100	360	280	1,0
		40	100	200	100	480	300	1,7
150	30	10	150	150	50	180	240	0,6
		20	150	170	70	360	260	1,0
		30	150	200	100	540	280	1,7
		40	150	200	100	720	300	1,7
200	40	10	200	150	50	240	240	0,6
		20	200	170	70	480	260	1,0
		30	200	200	100	720	280	1,7
		40	200	200	100	960	300	2,8
250	60	10	250	150	50	300	240	1,0
		20	250	200	70	600	260	1,7
		30	250	200	100	900	280	2,8
		40	250	200	100	1200	300	2,8
300	80	10	300	150	50	360	240	1,0
		20	300	200	70	720	260	1,7
		30	300	200	100	1080	280	2,8
		40	300	200	100	1440	300	3,5
400	110	10	400	150	50	480	240	1,0
		20	400	200	70	960	260	2,8
		30	400	200	100	1440	280	2,8
		40	400	200	100	1920	300	4,5

5.7.4. Расчет пневмотранспортных установок

При расчете пневмотранспортных установок необходимыми данными являются: вид перемещаемого груза; производительность Q (т/ч); плотность частиц груза ρ_r (кг/м³); конфигурация и размеры трассы (длина, высота подъема груза, наличие поворотов и т.п.); тип пневмотранспортной установки.

Следует определить расход воздуха G_b , внутренний диаметр трубопровода D , перепад давлений p_n на концах трассы, мощность P двигателя воздуходувной машины.

Определение расхода воздуха. Расход воздуха, кг/с,
$$G_b = Q / (3,6\mu), \quad (5.1)$$

где μ – концентрация смеси (отношение расхода груза к расходу воздуха; табл. 5.17).

В вентиляционных системах $\mu \leq 1$, при повышенном вакууме $\mu \leq 5$.

Расходная концентрация смеси
$$\mu = Q / (3,6G_b). \quad (5.2)$$

Следует отличать расходную концентрацию смеси от мгновенной концентрации μ_m , которая равна отношению массы m_r находящегося в трубопроводе груза к массе m_b воздуха для данного момента времени, т.е. $\mu_m = m_r / m_b$.

Подставляя в формулу (5.2) выражения для производительности $Q = 3,6m_r v / L$, т/ч, (здесь v – скорость частиц груза, м/с; L – дальность транспортирования, м) и расхода воздуха, кг/с; $G_b = m_b u / L$ (здесь u – скорость воздуха, м/с), получаем

$$\mu = \frac{Q}{3,6G_b} = \frac{m_r v}{m_b u} = \frac{\mu_m v}{u}.$$

Для грузов, не указанных в табл. 5.17, концентрацию смеси выбирают ориентировочно по данным для грузов с аналогичными свойствами, причем необходимо учитывать, что расходная концентрация смеси уменьшается с увеличением крупности частиц груза, их плотности и дальности транспортирования.

Таблица 5.19

Значения коэффициентов a'' и b''

Груз	Плотность $\rho_r, \text{т/м}^3$	Приведенная длина трубопровода $L_{np}, \text{м}$	a''	$b'', \text{м}^{-1}$
Сухой, хорошо сыпучий	2,5...3,2	50...1800	55,5	0,00157
Очень абразивный, повышенной влажности	1,8...2,5	10...6000	72	0,00444

Зависимость концентрации μ от дальности транспортирования можно выразить эмпирической формулой

$$\mu = a'' / (e^{b''L}),$$

где a'' и b'' – коэффициенты (табл. 5.19).

Мгновенная концентрация смеси (кг груза/кг воздуха)

$$\mu_m = q / q_b = \mu / \beta_r,$$

где q – распределенная масса груза, кг/м; q_b – распределенная масса воздуха, кг/м; $\beta_r = 0,35...0,85$ – коэффициент скорости груза (отношение скорости груза к скорости воздуха), который тем меньше, чем крупнее частицы; для пылевидных грузов $\beta_r = 0,6...0,85$.

При расчете пневмотранспортных установок используют следующие параметры двухфазного потока:

– распределенную (на 1 м длины трубопровода) массу перемещаемого груза, кг/м,

$$q = \frac{Q}{3,6u} = \frac{Q}{3,6\beta_r u} = \frac{\mu G_b}{\beta_r u} = \frac{\mu q_b}{\beta_r};$$

– распределенную массу воздуха, кг/м,

$$q_b = G_b / u;$$

– распределенную массу смеси, кг/м,

$$q_c = q_b + q = \frac{G_b}{u} \left(1 + \frac{\mu}{\beta_r} \right).$$

– плотность смеси, кг/м³,

$$\rho_c = \frac{4q_c}{\pi D^2} \approx \rho_B \left(1 + \frac{\mu}{\beta_r} \right) = \rho_B (1 + \mu_M),$$

где ρ_B – плотность воздуха, кг/м³.

Теоретически точное значение ρ_B определяют из формулы

$$\rho_c = \frac{\rho_B (1 + \mu_M) \rho_r}{\rho_r + \rho_B \mu_M}.$$

Относительное превышение плотности частиц груза по сравнению с плотностью воздуха

$$a_B = (\rho_r - \rho_B) / \rho_B \approx \rho_r / \rho_B.$$

Для начала трубопровода

$$a_H \approx (\rho_r - \rho_H) / \rho_H,$$

где ρ_H – начальная (в начале трубопровода) плотность воздуха.

Относительное превышение плотности частиц груза по сравнению с плотностью воздуха при стандартных условиях

$$a_{ст} = (\rho_r - \rho_{ат}) / \rho_{ат},$$

где $\rho_{ст}$ – плотность воздуха при стандартных (нормальных) условиях, $\rho_{ст} = 1,2$ кг/м³ при $p_{ат} \approx 100$ кПа и $T = 293$ К.

Определение скорости воздуха. Скорость воздуха в трубопроводе находят по формуле

$$u \approx \frac{4Q}{3,6\pi D^2 \mu \rho_B},$$

а учитывая выражение (5.1),

$$u \approx \frac{4G_B}{\pi D^2 \rho_B}. \quad (5.3)$$

Минимальная скорость воздуха (в начале трубопровода)

$$u_H = \frac{4Q}{3,6\pi D^2} \left(\frac{1}{\mu \rho_H} + \frac{1}{\beta_r \rho_r} \right).$$

Эта скорость должна быть больше критической $u_{кр}$:

$$u_n = k_n u_{кр},$$

где k_n – коэффициент запаса скорости и надежности транспортирования (обычно изменяется в пределах 1,25...2,5; рекомендуется принять $k_n=1,3...1,5$).

Зная скорость u_n , можно определить конечную скорость:

$$u_k = \frac{u_n \rho_n (\rho_r \beta_r + \rho_k \mu)}{\rho_k (\rho_r \beta_r + \rho_n \mu)} \approx u_n \rho_n / \rho_k,$$

где ρ_k – конечная (в конце трубопровода) плотность воздуха.

Скорость воздуха не должна быть меньше критической, определяемой по формуле

$$u_{кр} = c_2 \sqrt{\mu \alpha_n g D},$$

где c_2 – опытный коэффициент, принимаемый равным 0,1...0,25 для пылевидных, 0,15...0,3 для зернистых и 0,2...0,35 для кусковых грузов; g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

Скорость воздуха обычно составляет 10...30 м/с, максимальная – 40 м/с. На практике она не должна превышать значений u , указанных в табл. 5.17, иначе сильно возрастает энергоемкость системы из-за увеличения динамических потерь давления.

Рекомендуемую скорость, м/с, воздуха вычисляют по формуле

$$u = \alpha_q \sqrt{\rho_r} + B/L,$$

где α_q – коэффициент крупности частиц перемещаемого груза (табл. 5.20); B/L – коэффициент, характеризующий свойства груза, равный $(2...5) \cdot 10^{-5}$ (малые значения принимают для сухих пылевидных грузов).

Таблица 5.20

Значение коэффициента α_q

Груз	Размер типичных частиц α , мм	α_q
Пылевидный порошкообразный и мелкозернистый	0,01...1	0,32...0,51
Зернистый и мелкокусовой сортированный	1...40	0,54...0,63
Кусковой сортированный	40...80	0,7...0,79

При выборе скорости (5.3) диаметр D находят по формуле

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{3,6\pi u} \left(\frac{1}{\mu\rho_{\text{в}}} + \frac{1}{\beta_{\text{т}}\rho_{\text{г}}} \right)}.$$

При расчете нагнетательных установок, когда плотность в начале расчета неизвестна, можно определить диаметр трубы на конце трубопровода:

$$D = \sqrt{\frac{Q^2}{8\mu^3\rho_{\text{к}}\rho_{\text{г}}gc_2^2}}.$$

Вычисленное значение диаметра должно удовлетворять условию

$$D \geq 3a'.$$

Перепад давлений воздуха в трубопроводе

$$p_{\text{г}} = p_{\text{т}} + p_{\text{н}} + p_{\text{д}} - p_{\text{д.н}};$$

потери давления в пневмотранспортной системе

$$p_{\text{п}} = p_{\text{т}} + p_{\text{н}} + p_{\text{м}} + p_{\text{д}},$$

где $p_{\text{т}}$ – потери давления на сопротивление трубопровода, обусловливаемые силами трения; $p_{\text{н}}$ – потери давления на подъем воздуха и груза; $p_{\text{д}}$ – динамические потери давления, затрачиваемые на сообщение грузу и воздуху кинетической энергии; $p_{\text{д.н}}$ – динамические потери давления на разгон смеси до скорости $u_{\text{н}}$; $p_{\text{м}}$ – динамические потери на местные сопротивления, равные 20...30 кПа.

Потери давления воздуха в отделителе

$$p_{\text{от}} = \frac{\lambda L_{\text{экв.о}} u_{\text{к}}^2 \rho_{\text{к}}}{2D} \left(1 + \frac{c_3 \mu \rho_{\text{г}} g D}{\rho_{\text{ат}} u_{\text{ст}}^2} \right),$$

где λ – коэффициент сопротивления (при $D = 0,15$ м $\lambda = 0,016$; при $D = 0,175$ м $\lambda = 0,015$; при $D = 0,2$ м $\lambda = 0,014$); $L_{\text{экв.о}}$ – эквивалентная длина отделителя (т.е. длина трубопровода, сопротивление которого равно сопротивлению отделителя, табл. 5.21); c_3 – эмпирический коэффициент, равный 0,075...0,10 (меньшие значения принимают для тяжелых грузов); $u_{\text{ст}}$ – скорость воздуха при давлении, близком к атмосферному.

Потери давления в фильтре

$$p_{\phi} = 1,0 \dots 1,5 \text{ кПа}.$$

Потери давления во всасывающем сопле

$$p_c = \frac{\lambda L_{\text{экв.с}} u_{\text{н}}^2 \rho_{\text{н}}}{2D} \left(1 + \frac{c_3 \mu \rho_{\Gamma} g D}{\rho_{\text{ат}} u_{\text{ст}}^2} \right), \quad (5.4)$$

где $L_{\text{экв.с}}$ – эквивалентная длина сопла (см. табл. 5.21).

Потери давления, вызванные силами трения, составляют

$$p_{\tau} = p_0 \left(1 + \frac{c_3 \mu a_{\text{ст}} g D}{u_{\text{ст}}^2} \right) \approx p_0 \left(1 + \frac{c_3 \mu \rho_{\Gamma} g D}{\rho_{\text{ат}} u_{\text{ст}}^2} \right), \quad (5.5)$$

где p_0 – потери давления для чистого воздуха.

Подставляя в выражение (5.5) $u_{\text{ст}} = 4G_{\text{в}} / (\pi D^2 \rho_{\text{ст}})$, получаем

$$p_{\tau} = p_0 \left(1 + \frac{c_3 \mu \rho_{\Gamma} g D^5 \rho_{\text{ст}}}{1,625 G_{\text{в}}^2} \right).$$

Таблица 5.21

Формулы для определения эквивалентных длин при различных местных сопротивлениях во всасывающих пневматических устройства для транспортирования зерновых грузов

Местное сопротивление	$L_{\text{экв}}, \text{ м}$ (D и l , м)
Соединение двух разветвительных трубопроводов	$10D$
Сопло	$150 \frac{1+0,4\mu}{\mu} D$
Разгрузитель с циклоном (отделитель)	$300 \frac{1+0,4\mu}{\mu} D$
Циклон	$\frac{130}{\mu} D$
Участок трубы длиной l за разгрузителем всасывающей пневмотранспортной установки	l / μ
Гибкая труба длиной l (без учета влияния закругления)	$2l$

Потери давления для чистого воздуха составляет

$$p_0 = \lambda L_{\text{пр}} u^2 \rho_{\text{в}} / (2D), \quad (5.6)$$

где $L_{\text{пр}}$ – приведенная длина трубопровода, определяемая по формуле

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{ф}} + \Sigma L_{\text{экв}},$$

где $L_{\text{ф}}$ – фактическая длина трубопровода; $\Sigma L_{\text{экв}}$ – сумма эквивалентных длин $L_{\text{экв}}$ с учетом закруглений и других местных сопротивлений (см. табл. 5.21).

Эквивалентные длины участков закруглений следующие:

$L_{\text{экв}}$, м, при угле поворота $\alpha_{\text{п}}$ закругления (радиус 0,7...1,0 м), °	Груз		
	пылевидный	зернистый	кусковой
8...12	–	–	8
15	–	–	10
20	2	3	12
30	4	5	15
45	6	8	25
90	10	15	45

Формула (5.6) не учитывает изменения давления и скорости воздуха по длине трубопровода. Ее используют при расчете всасывающих установок, а также нагнетательных установок малой длины, когда перепад давлений не превышает атмосферного давления.

Для определения p_0 с учетом переменных давления и скорости воздуха в трубопроводе используют два условия, характеризующие непрерывность потока и изотермичность процесса. Условие непрерывности при $D = \text{const}$ имеет вид

$$u_{\text{н}} \rho_{\text{н}} = u_{\text{х}} \rho_{\text{х}} = u_{\text{к}} \rho_{\text{к}},$$

где $u_{\text{н}}$, $\rho_{\text{н}}$ – скорость и плотность воздуха в начале трубопровода; $u_{\text{х}}$, $\rho_{\text{х}}$ – то же, для текущего значения длины транспортирования; $u_{\text{к}}$, $\rho_{\text{к}}$ – то же, в конце трубопровода.

Условие изотермичности процесса имеет вид

$$p_n / \rho_n = p_x / \rho_x = p_k / \rho_k .$$

Давление в начале трубопровода

$$p_n = \sqrt{\frac{\lambda \rho_k a_k^2 p_k L_{np}}{D} + p_k^2} .$$

Согласно уравнению состояния идеального газа

$$p_n = R' T \rho_k ,$$

где R' – удельная газовая постоянная, равная 290 Дж/(кг·К);
 T – абсолютная температура, К.

Поэтому давление в начале трубопровода можно представить в виде

$$p_n = \sqrt{\frac{\lambda L_{np} \rho_k^2 u_k^2 R' T}{D} + p_k^2} .$$

Потери давления составляет

$$p_o = p_n - p_k = \sqrt{\frac{u_k^2 \rho_k^2 R' T \lambda L_{np}}{D} + p_k^2} . \quad (5.7)$$

Давление, МПа, в конце напорного трубопровода

$$p_k = 0,103 + p_{от} + p_{\phi} ,$$

где $p_{от}$ и p_{ϕ} – в МПа.

Для всасывающих трубопроводов

$$p_o = p_n - \sqrt{p_n^2 - \frac{u_n^2 \rho_n^2 R' T \lambda L_{np}}{D}} ; \quad (5.8)$$

$$p_k \approx p_n - p_{п} ,$$

где p_n – давление в начале всасывающего трубопровода, МПа,

$$p_{п} = 0,095 - p_c ;$$

здесь p_c – потери давления во всасывающем сопле, МПа [см. формулу (5.4)].

При совместном решении уравнений (5.7) и (5.8) получаем

$$p_o = \sqrt{\frac{\lambda L_{\text{пр}} \rho_{\text{н}}^2 u_{\text{н}}^2 R' T}{D}} + p_{\text{к}}^2 - p_{\text{к}}.$$

Определение мощности привода. Мощность двигателя воздуходувной машины, кВт, находим по формуле

$$P = k_a k_{\text{п}} A_{\text{м}} G_{\text{в}} / \eta,$$

где k_a – коэффициент запаса, равный 1,1; $k_{\text{п}}$ – коэффициент, учитывающий потери воздуха в трубопроводе из-за некачественных уплотнений и др., равный 1,1...1,5; $A_{\text{м}}$ – удельная работа воздуходувной машины, кДж/кг; η – КПД воздуходувной машины, составляющий 0,65...0,85.

При максимальном давлении ($p_{\text{н}} + p_{\text{к}}$) удельная работа

$$A_{\text{м}} = \frac{p_{\text{ат}}}{\rho_{\text{ат}}} \ln \frac{p_{\text{н}} + p_{\text{к}}}{p_{\text{ат}}} = 2,3 R' T \lg \frac{p_{\text{н}} + p_{\text{к}}}{p_{\text{ат}}}.$$

Для всасывающих установок

$$A_{\text{м}} = 2,3 R' T \lg(p_{\text{ат}} / p_{\text{э}}),$$

где $p_{\text{э}}$ – давление воздуха на входе в экскаустер.

Контрольные вопросы

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

6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА И ГАЗОВ ОТ ПЫЛИ

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

Первый способ очистки осуществляется с помощью центробежных циклонов (рис. 6.1), в которых очищаются газы при запыленности $200 \dots 400 \text{ г/м}^3$ и минимальном размере осаждаемых частиц $5 \dots 10 \text{ мкм}$. Производительность циклонов по пылевоздушной смеси, в зависимости от их размеров, составляет $1\,500 \dots 15\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Механическая очистка осуществляется в центробежных циклонах путем отделения 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. 6.1). 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 $15 \dots 25 \text{ м/с}$. Коэффициент очистки в центробежных циклонах $70 \dots 90 \%$.

Циклоны малого диаметра обеспечивают лучшую очистку. Поэтому, чтобы достигнуть высокой степени очистки и увеличить производительность, их объединяют в группы (батареи) (рис. 6.2).

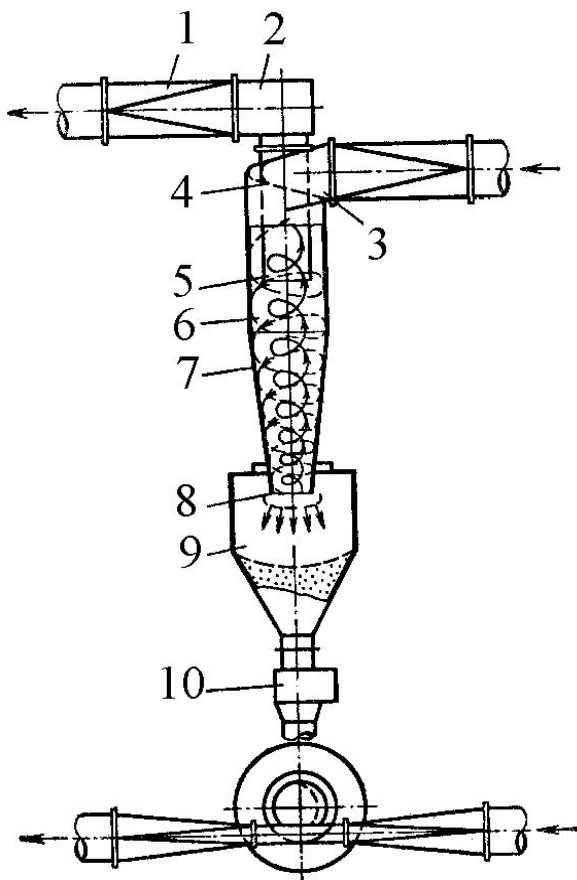


Рис. 6.1. Одиночный циклон:

- 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 осажденного материала; 9 – накопительный бункер;
 10 – герметический пылевой затвор

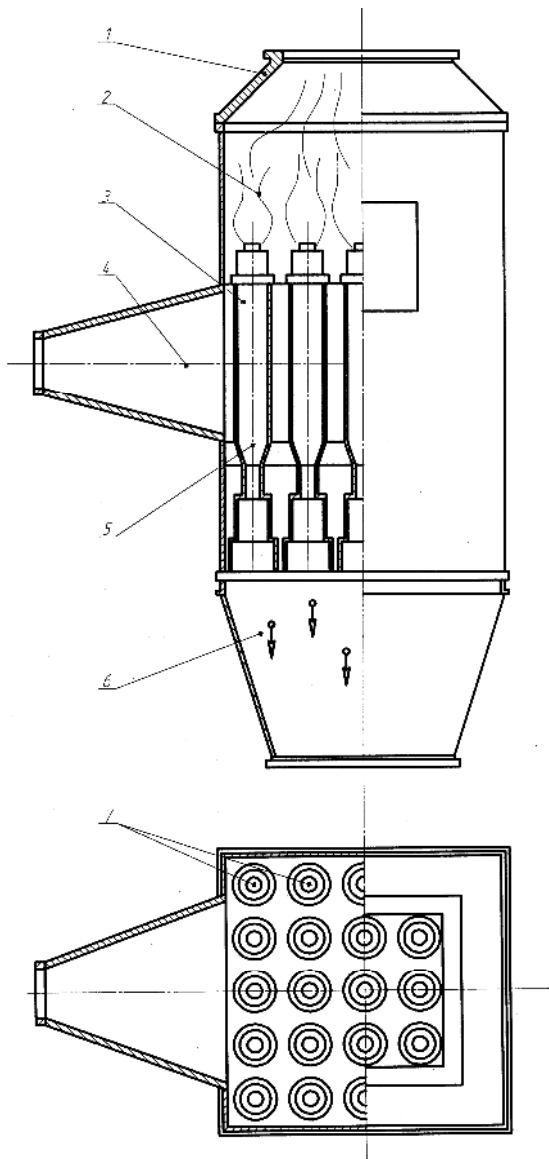


Рис. 6.2. Батарейный циклон

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. 6.3). 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 от 2 до 14 элементов при диаметре каждого 200...1 800 мм.

Размеры циклона конструкции НИИОГАЗа и их техническая характеристика приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Размеры циклонов конструкции НИИОГАЗа

Элементы характеристики	ЦН-15	ЦН-15 _γ	ЦН-24	ЦН-11
Угол наклона крышки и входного патрубка циклона, ...°	15	15	24	11
Внутренний диаметр циклона, мм	400...800	200...800	400...1 000	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	2,00D	1,50D	1,75D	2,00D
общая циклона	0,30D	0,30D	0,40D	0,30D
	4,56D	3,31D	4,25D	4,38D
Коэффициент гидравлического сопротивления, Н/м ²	1 025	1075	588	1 760

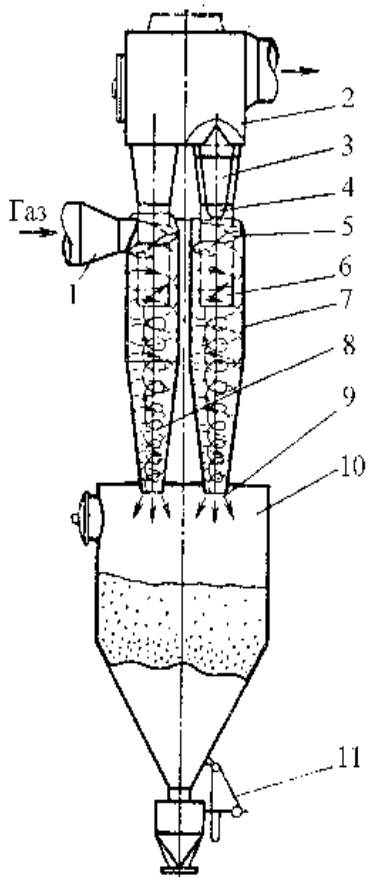


Рис. 6.3. Группа из четырех циклонов:

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

*Производительность циклонов конструкции НИИОГАЗа
в зависимости от их диаметров*

Диаметр циклона, мм	400	450	500	550	600	650	700	750	800	1 100
Производительность м ³ /ч при сопротивлении, Н/м ²	750	1 690	2 140	2 648	3 200	3 810	4 460	5 180	5 950	6 760

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. 6.2.

Таблица 6.2

*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

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

6.1. 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.

В зависимости от типа циклона по табл. 6.3 устанавливают коэффициент гидравлического сопротивления одиночного циклона (ξ).

Таблица 6.3

Значение коэффициента гидравлического сопротивления одиночного циклона

Параметры	Тип циклона			
	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-15 _v	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

Гидравлическое сопротивление одиночного циклона, мм вод. ст.,

$$\Delta P = \frac{\Delta P^1}{1,1}, \quad (6.1)$$

где ΔP^1 – гидравлическое сопротивление батареи циклонов, мм вод. ст.

Плотность аспирационного воздуха при рабочих условиях

$$\rho_r = \frac{\rho_{г.норм} T_0 P}{P_0 T}, \quad (6.2)$$

где $\rho_{г.норм}$ – плотность аспирационного воздуха при нормальных условиях (0 °С и 760 мм рт. ст); $T_0 = 273$ К; P – абсолютное давление, мм рт. ст.; $P_0 = 760$ мм рт. ст.; T – рабочая температура, К.

Условная скорость газа в циклоне, м/с,

$$\omega_{усл} = \sqrt{\frac{2\Delta P \cdot 9,81}{\xi \rho_r}}, \quad (6.3)$$

где ω_{ycl} – условная скорость газа в циклоне, м/с; ΔP – гидравлическое сопротивление одиночного циклона, мм вод. ст.; 9,81 – переводной коэффициент, Па; ξ – коэффициент гидравлического сопротивления одиночного циклона; ρ_r – плотность аспирационного воздуха при рабочих условиях, кг/м³.

Производительность одного циклона, м³/ч, составляет

$$\Pi = \frac{\pi D^2}{4} \times 3600 \omega_{\text{ycl}}, \quad (6.4)$$

где $\pi = 3,14$; D – диаметр циклона, м; ω_{ycl} – условная скорость газа в циклоне, м/с.

Число циклонов в группе

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

где n – число циклонов в группе; Π^1 – производительность по аспирационному воздуху, м³/ч; Π – производительность одного циклона.

Степень улавливания пыли в циклоне определяют по графику зависимости $\eta(D)$ (рис. 6.4).

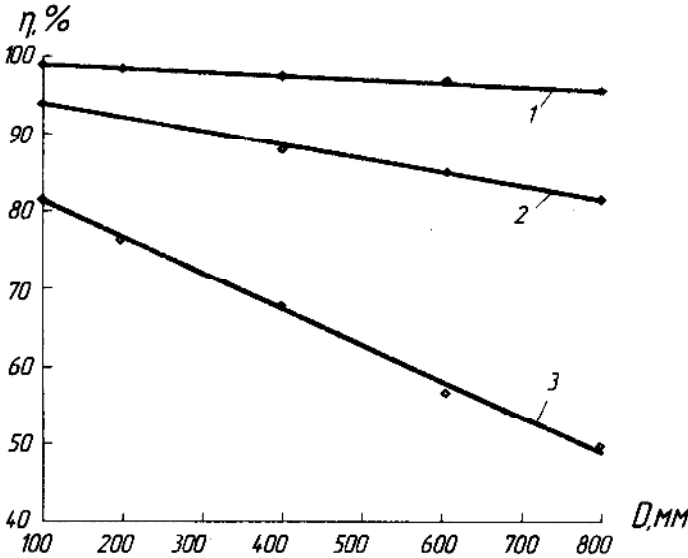


Рис. 6.4. График зависимости $\eta(D)$

6.2. Воздушные фильтры

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

Сущность данного способа очистки 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 °С рукава делают из стеклоткани.

Рассмотрим схему рукавного фильтра типа ФР (рис. 6.5). 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, сблокированной с механизмом встряхивания.

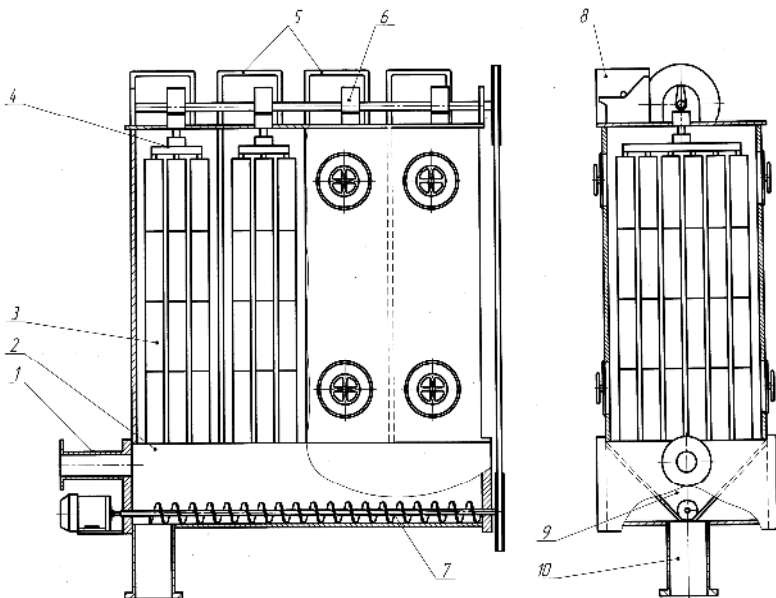


Рис. 6.5. Рукавный фильтр

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. 6.4.

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 300 °С. Эти фильтры используются в качестве второй ступени очистки дымовых газов вращающихся печей, а также 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. 6.6, техническая характеристика приведена в табл. 6.4. Для перехода в режим регенерации он включается автоматически на 0,5...2,0 мин. В зависимости от состава пыли предусмотрен специальный механизм, закрывающий клапан всасывающего патрубка клапанной коробки и открывающий напорный 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. 6.7) предназначен для очистки воздуха (газов) до санитарных норм. Рукава фильтра выполнены из лавсана и выдерживают температуру поступающей смеси до 140 °С. Данные фильтры объединяются в три габаритные группы исполнения: СМЦ-101-I, СМЦ-101-II, СМЦ-101-III.

Таблица 6.4

*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 1,0...1,5 м ³ /м ² и сопротивлении фильтра 800...1 000 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

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 рукавных фильтров приведены в табл. 6.5.

На цементных заводах чаще всего устанавливают пластинчатые горизонтальные электрофильтры типа УГ и УГТ. Первые работают при влажности газов 20 % и температуре до 200 °С.

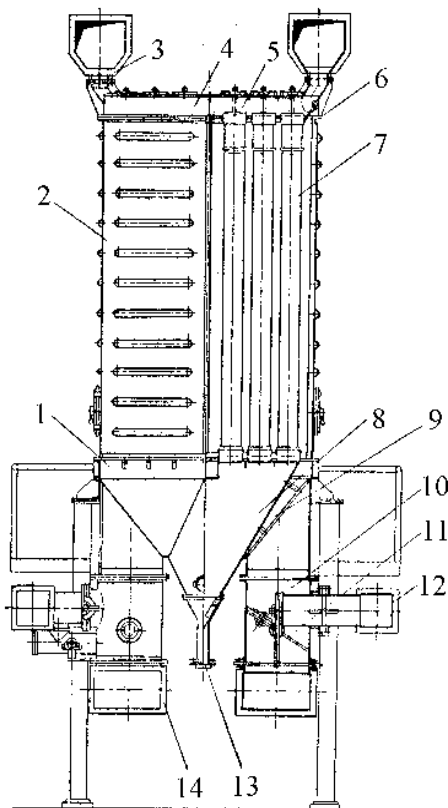


Рис. 6.6. Рукавный фильтр СМЦ-100-1:

- 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

Фильтры УГТ (термостойкие) допускают очистку газов при температуре 425 °С. Удельный расход электроэнергии составляет 0,2...0,3 кВт на 1 000 м³ очищаемого газа. Фильтры УГ изготовляют двух габаритов: УГ1 и УГ2. Фильтры УГ1 устанавливают за цементными мельницами, УГ2 – за цементными мельницами, холо-

дильниками, вращающимися печами для сухого и мокрого способа производства клинкера, сушильными барабанами, вихревыми сушилками. Фильтры УГТ устанавливают за вращающимися печами для сухого (длиной до 100 м) и мокрого способов производства клинкера.

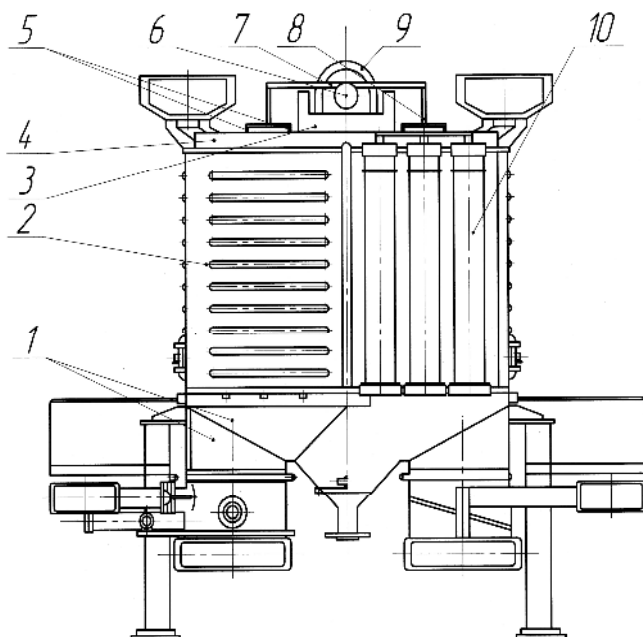


Рис. 6.7. Рукавный фильтр СМЦ-101-1:
 1 – нижний блок; 2 – средний блок; 3 – крышка с рамой встряхивающего устройства; 4 – верхний блок; 5 – эластичные буферные опоры; 6 – опора балансира; 7 – балансир; 8 – роликовая кулиса; 9 – мотор-редуктор; 10 – рукав

Рекомендуемые скорости газов в электрофильтрах:

УГ1, УГТ..... до 1,0 м/с
 УГ2..... 1,0...1,5 м/с

Технические характеристики электрофильтров УГ и УГТ приведены в табл. 6.8 и 6.9.

Таблица 6.5

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	–	–	–
Сопротивление 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			Механическое встряхивание и обратная продувка			Обратной продувки	Обратной продувки	–	–	–
Установленная мощность, кВт	1,5			2,3			–	–	–	–	–
Масса без электрооборудования, кг	2360	3130	4370	2630	3450	4760	1 000	250	1 053	1 682	2 300
Габаритные размеры (длина, ширина, высота)	–			–			1 058× ×2 010× ×4 212	–	1701× ×1690× ×3910	2801× ×1690× ×3910	3901× 1690× ×3910

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

Подробный расчет электрических и конструктивных параметров электрофильтров специфичен, его производят специализированные конструкторские организации. При проектировании предприятий, использующих эти фильтры, их выбор осуществляют по данным каталогов и справочников.

6.3. Оборудование для мокрой очистки

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

Рассмотрим схему работы вертикального скруббера (рис. 6.8): загрязненный газ по патрубку 6 поступает в нижнюю зону корпуса 1, футерованному керамической плиткой 2, в верхнюю зону 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 не должна превышать 6 м/с. Степень очистки в таком скруббере 95...98 %.

Пенный пылеуловитель (рис. 6.9), состоит из корпуса 3, разделенного по высоте решеткой 4. В верхнее отделение на решетку по патрубку 2 попадает вода, ее слой на решетке должен составлять 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 выбрасывается 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 1 000 м³ газа.

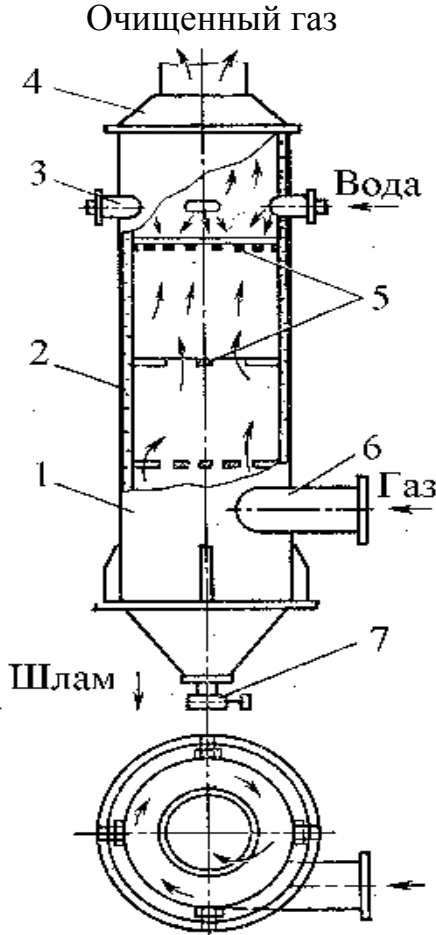


Рис. 6.8. Противоточный скруббер:
 1 – корпус; 2 – футеровка; 3 – брызгала; 4 – сборник; 5 – насадки;
 6 – патрубок подающий; 7 – задвижка

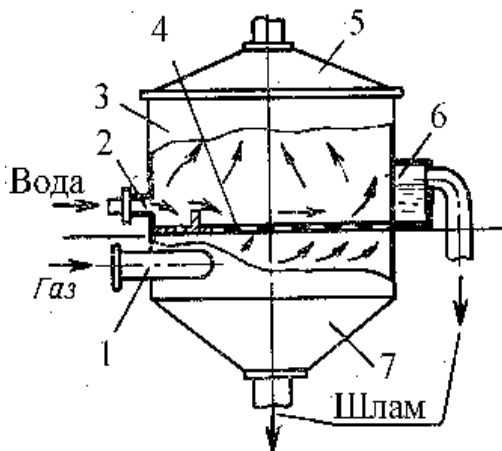


Рис. 6.9. Пенный пылеуловитель:

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

Рукавный фильтр СМЦ-166А (схема на рис. 6.10) предназначен для очистки газов до санитарной нормы с температурой не более 140 °С. Его устанавливают 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. 6.11) предназначен для очистки до санитарной нормы избыточного воздуха. Рукава выполнены из лавсана, но температура подаваемого воздуха не должна превышать 140 °С.

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

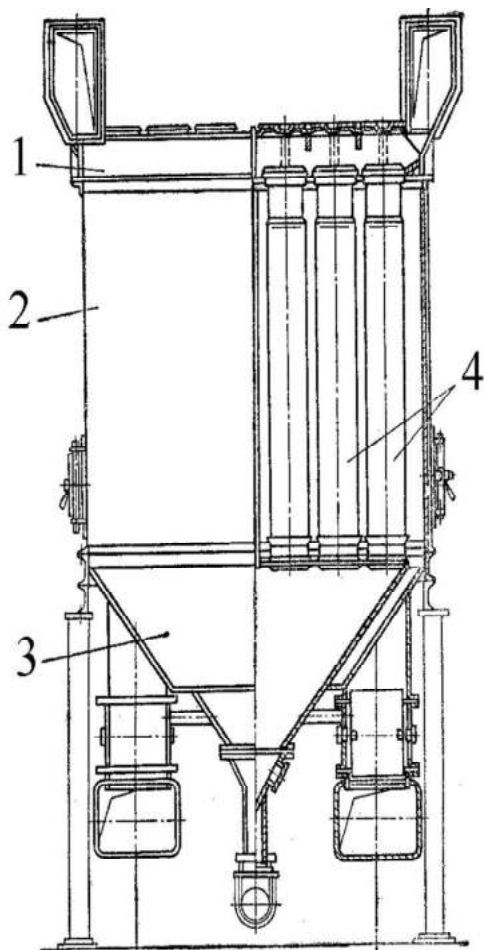


Рис. 6.10. Рукавный фильтр СМЦ-166 А:
1, 2, 3 – верхний, средний и нижний блоки; 4 – рукав

Каждая камера имеет прямоугольную клапанную коробку с плоским поворотным клапаном, 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 тру-

бопровод, который заполняет подрукавное пространство и закрывает поворотный клапан. Осевшая пыль сбрасывается, создавая противодействие в рукавах и несколько деформируя их. Камеры для регенерации включаются и отключаются автоматически, поочередно, с задаваемой периодичностью.

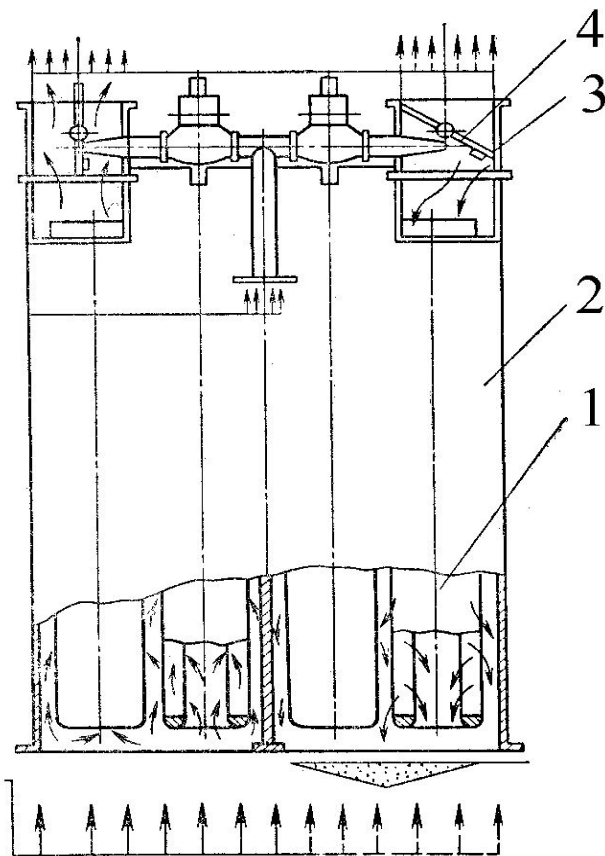


Рис. 6.11. Рукавный напорный фильтр СМЦ-167:
1 – рукав; 2 – корпус; 3 – клапанная коробка; 4 – поворотный клапан

Рукавный фильтр СМЦ-801 предназначен для улавливания твердых частиц и пыли из различных технологических газов и вен-

тиляционного воздуха (рис. 6.12). Фильтр изготавливают одинарным или сдвоенным 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.

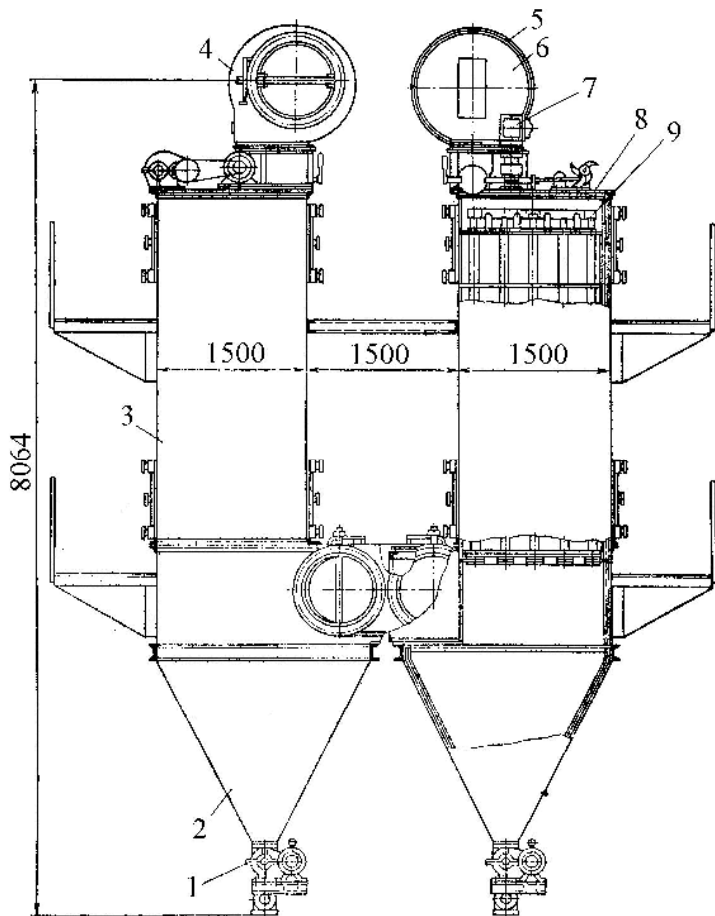


Рис. 6.12. Рукавный фильтр СМЦ-801:

- 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

Для регенерации (очистки) ткани рукавов на каждой половине сдвоенного фильтра, на крышке, установлен механизм встряхивания и переключения газа.

Техническая характеристика фильтров данного вида представлена в табл. 6.6.

Таблица 6.6
Техническая характеристика фильтров СМЦ-801

Показатели	Одинарные				Сдвоенные			
	4	6	8	10	4×2=8	6×2=12	8×2=16	10×2=20
Число секций в фильтре рукавов	4 56	6 84	8 112	10 140	4×2=8 112	6×2=12 168	8×2=16 224	10×2=20 280
Фильтрующая поверхность, м ²	112	168	224	280	224	336	448	560
Габаритные размеры фильтров, мм								
длина	4 380	5 880	7 380	8 880	4 380	5 880	7 380	8 880
ширина	2 650	2 650	2 650	2 650	5 315	5 315	5 315	5 315
высота	8 600	8 600	8 600	8 600	8 600	8 600	8 600	8 600
Масса, т	67	9,3	11,9	14,5	13,7	19,1	24,3	29,7

Примечание. Длина рукавов – 3 100 мм, внутренний диаметр – 220 мм; материалом служит фильтровальное сукно № 2.

Всасывающий фильтр ФВК (рис. 6.13) 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. 6.4.

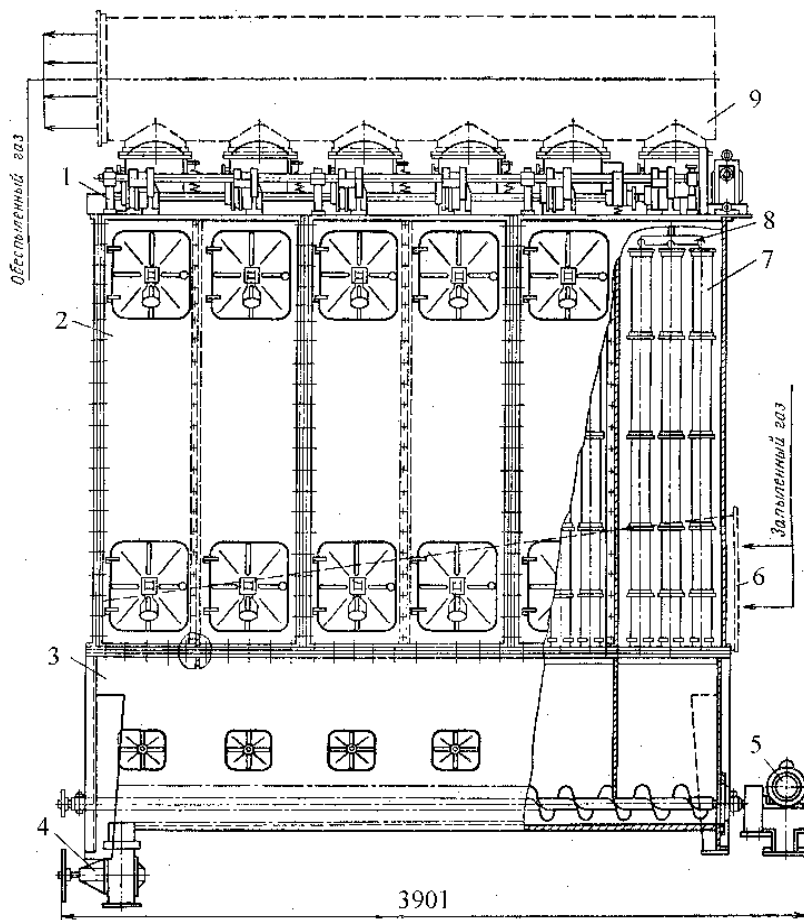


Рис. 6.13. Всасывающий фильтр типа ФВК:

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

6.4. Электрофилтры

Электрический способ очистки газов является наиболее совершенным. Он основан на ионизации частиц, взвешенных в подаваемой смеси, пропускаемой через электрическое поле высокого напряжения. Для его создания 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. 6.14), зарядившись, перемещаются к электроду, заряд которого противоположен по знаку, и осаждаются на нем.

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

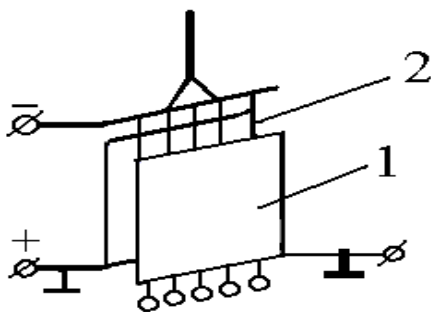


Рис. 6.14. Схема подключения электродов:
1 – осадительный электрод; 2 – коронирующий электрод

Устройство горизонтального электрофильтра следующее (рис. 6.15): загрязненный газ поступает через входной распределитель 1 в камеру фильтра 2, разделенную на две параллельные секции. В каждой секции смонтированы три каскада электрофильтра, 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. Собранный в приемниках 8 пыль удаляется через затворы 9. Очищенный газ отводится через сборный коллектор 7.

Электрофильтры улавливают частицы крупностью до 5 мкм со степенью очистки 99 %. Такие фильтры успешно работают на очистке горячих (до 350 °С) газов. Аэродинамическое сопротивление в них невелико, тем они отличаются от матерчатых. Расход энергии составляет около 0,3 кВт·ч на 1 000 м³ газа. Техническая характеристика электрофильтров приведена в табл. 6.7.

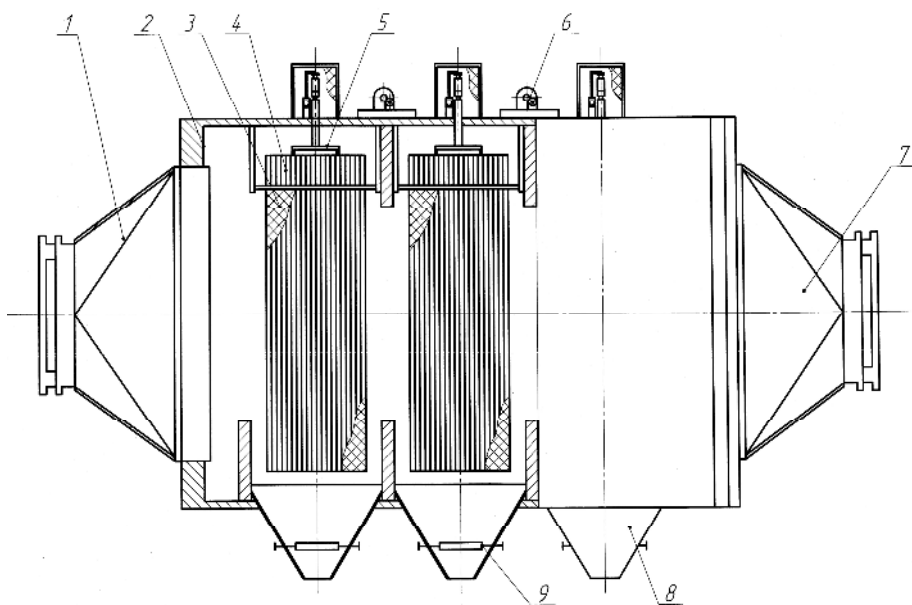


Рис. 6.15. Горизонтальный электрофильтр
(принципиальная схема)

Таблица 6.7

*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-48×2	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	27 000	48 000	56 000	41 400	130 000	145 000	82 800	288 000	36 000	12 000	27 000	36 000
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/100 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 3,6 × 150			За вращающимися печами			За сепараторными мельницами		

Таблица 6.8

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
	УГ	УГ	УГ	УГ	УГ	УГ	УГ	УГ	УГ	УГ	УГ	УГ
Площадь активного сечения	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 формокамеры	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	3,58	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, мм	1120	1680	1680	2520	4536	6048	6350	8467	9072	12096	12701	16334
Осадительные электроды:												
число	22	33	32	48	48	64	65	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:												
для осадительных электродов	2	3	2	3	3	4	3	4	3	4	3	4
то же, коронирующих	1	2	1	2	2	2	2	2	4	4	4	4
газораспределительных решеток	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Примечание. Ширина пластины для осадительных электродов 2 510 мм.

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

Таблица 6.9

Техническая характеристика электрофильтров типа УГТ

Показатель	УГТ1-303	УГТ1-403	УГТ1-603	УГТ1-803	УГТ2-503	УГТ2-803
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	7 500	7 500	7 500	7 500	7 500	7 500
ширина пластины, мм	2 460	2 460	2 460	2 460	2 460	2 460
Коронирующие электроды:						
число	552	768	1 152	1 536	768	1 152
активная длина проводов, мм	4 440	5 760	8 640	11 520	7 680	11 520
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	–	–	–	–

У горизонтального электрофилтра типа УГ (рис. 6.15) равномерное распределение газа по поперечному сечению обеспечивает газораспределительная решетка, снабженная механизмом встряхивания с электроприводом. Внутри корпуса электрофилтра установлены коронирующие и осадительные электроды. Коронирующие 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.

Технические характеристики электрофилтров типа УГ и УГТ представлены в табл. 6.8 и 6.9.

Контрольные вопросы

1. Перечислите оборудование для очистки воздуха и газов от пыли.
2. Опишите принцип работы скрубберов.
3. Каковы критерии выбора оборудования для очистки воздуха и газов от пыли?

7. МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ И АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Получение качественных бетонов или других композиционных строительных материалов невозможно без технологической операции – перемешивания.

Устройства (машины) для смешивания (перемешивания) сыпучих тел, жидких, вязкопластичных и других сред, осуществляемого механическим, гидравлическим, пневматическим и другими способами, будем называть смесителями.

Механизм действия процесса смешивания (перемешивания) является весьма сложным и складывается из следующих механических операций [16]:

- перемещения групп частиц из одного места в другое – так называемое конвективное смешивание;
- перераспределения частиц при их перемещении – так называемое диффузионное смешивание;
- сосредоточения частиц в отдельных местах смесителя – так называемая сегрегация частиц.

Для равномерного распределения компонентов в общем объеме замеса частицам материала необходимо сообщить траектории движения, дающие наибольшую возможность пересечения их между собой.

При смешивании частиц материалов, различных по размеру, форме и происхождению, должна образоваться однородная смесь, любая проба которой, взятая в объеме, большем, чем объем самого крупного зерна, имеет один и тот же состав. Для этого применяют смесительные агрегаты с различными способами смешивания. Наибольшее распространение получили гравитационный и принудительный способы.

В гравитационных смесителях исходные компоненты смеси поднимаются во вращающемся барабане, на внутренней поверхности которого жестко закреплены лопасти, и затем под действием силы тяжести падают вниз. Процесс повторяется несколько раз, благодаря чему получается смесь, однородная по составу.

Смесители принудительного действия с вертикально расположенными валами (роторные, планетарно-роторные и турбулент-

ные) применяют для приготовления бетонных и растворных смесей практически любой подвижности и жесткости. Загруженные в смеситель исходные материалы смешиваются лопастями, вращающимися вокруг центральной оси.

Асфальтобетонные смеси готовят также посредством смесителей, т.е. используя методы смешивания. Отличительные особенности технологического процесса приготовления асфальтобетонов заключаются в следующем: применение жидких вяжущих – битумов, подводимых только в горячем виде для обеспечения хорошей адгезии с подогретыми компонентами минеральных смесей; обеспечение точного дозирования составляющих смеси и их гранулометрического состава; точное соблюдение заданного температурного режима всех компонентов; обеспечение интенсивного перемешивания для получения однородной смеси.

По способу перемешивания асфальтобетонные смесители принудительного действия бывают с непрерывным и периодическим циклами приготовления смеси.

7.1. Классификация смесительных машин

Получение бетона и раствора заданных марок и свойств, соответствующих определенным требованиям, обеспечивается совокупностью многих факторов; первостепенное значение имеют качество исходных компонентов и эффективность работы смесительного оборудования. Для приготовления бетонов и растворов применяют смесители различных конструкций, классифицирующихся по следующим признакам (рис. 7.1):

- 1) по технологическому назначению – для приготовления различных видов бетонных, асфальтобетонных и других смесей и растворов;
- 2) по режиму работы – циклические и непрерывного действия;
- 3) по способу смешивания – гравитационные, принудительного и комбинированного действия;
- 4) по степени мобильности – стационарные, передвижные и автобетоносмесители;

5) по степени автоматизации – неавтоматизированные, полуавтоматизированные, автоматизированные с программным управлением.

Смесители цикличного действия, получившие наибольшее распространение, позволяют регулировать продолжительность смешивания в зависимости от конкретных условий. Их применяют при производстве бетонных смесей различных марок или составов.

Основной параметр смесителя цикличного действия – объем готового замеса. Также учитывают вместимость смесителя по загрузке. Указанные показатели, представленные в табл. 7.1, в технических характеристиках смесителей пишут в виде дроби, например: 500/750, т.е. 500 – объем готового замеса смесителя, 750 – вместимость по загрузке.

Таблица 7.1

Вместимость циклических смесителей, л

Смесители		Растворосмесители	
Вместимость по загрузке	Объем готового замеса	Вместимость по загрузке	Объем готового замеса
100	65		
250	165	40	30
500	330	80	65
750	500	150	125
1 200	800	325	250
1 500	1 000	500	400
2 400	1 600	1 000	800
3 000	2 000		
4 500	3 000	1 500	1 200

В смесителях цикличного действия исходные материалы смешиваются отдельными порциями. Такой способ позволяет регулировать продолжительность смешивания в зависимости от состава смеси и вместимости смесителя, т.е. готовить смеси различных марок.

Смесители цикличного действия по способу смешивания компонентов бывают гравитационные и принудительного действия.

Гравитационные смесители просты по конструкции, в обслуживании и эксплуатации, имеют несложную кинематическую схему, могут перемешивать смеси с крупностью заполнителей

до 150 мм. У них незначительно изнашиваются рабочие органы. Себестоимость приготовления смеси невысокая. Их недостаток – малая производительность и неэкономичность работы при изготовлении жестких и умеренно-жестких смесей и смесей на легких заполнителях.

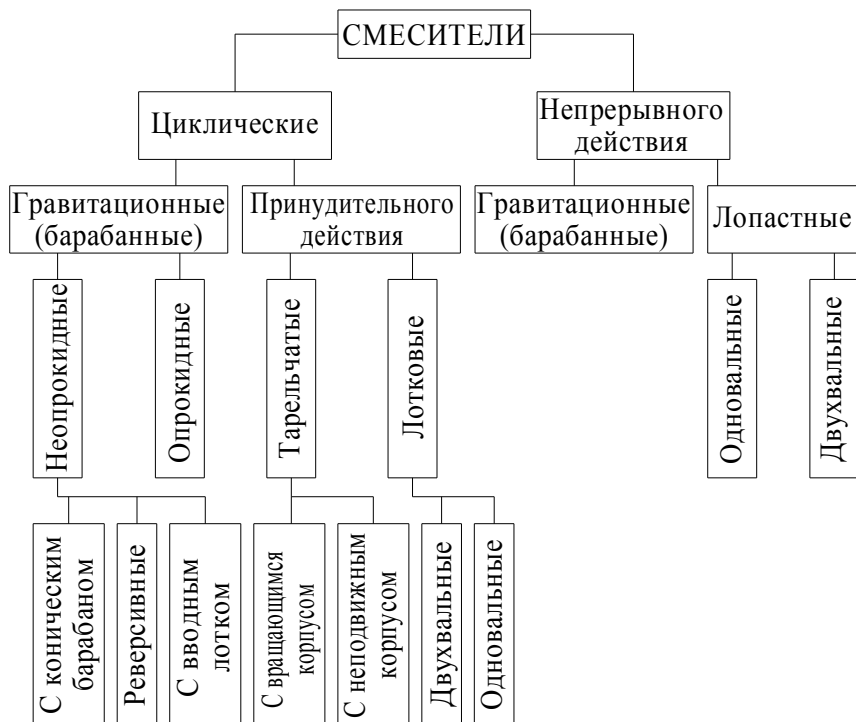


Рис. 7.1. Классификация смесителей

В свою очередь, гравитационные смесители подразделяют на опрокидные и неопрокидные – реверсивные и с вводным лотком, тарельчатые – с неподвижным и вращающимся корпусом, лотковые – одно- и двухвальные.

Преимущества смесителей принудительного действия (тарельчатых и лотковых) заключаются в следующем: возможность

приготовления смесей практически любой удобоукладываемости; меньшая продолжительность смешивания (высокая производительность); большая активность процесса; незначительное комкование смеси.

Недостатки – ограниченная крупность заполнителей (до 70...80 мм); значительный износ рабочих элементов, связанный с интенсивностью процесса; более высокая энергоемкость и себестоимость приготовления смеси. Несмотря на отмеченные недостатки, смесители принудительного действия эффективнее гравитационных.

Годовая производительность на 1 л объема готового замеса для малых смесителей с объемом готового замеса до 330 л составляет $3,5 \text{ м}^3$, для смесителей с объемом готового замеса 330 л и более – 10 м^3 , а с объемом 500 л – $500 \times 10 = 5\,000 \text{ м}^3$.

Трудоемкость производства 1 м^3 смеси на малых моделях равна $2,5...3,0$ чел. ч/ м^3 , а на больших – $1,0...1,5$ чел. ч/ м^3 .

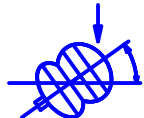

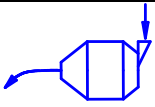
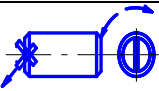
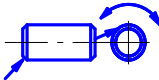
Сравнительные испытания различных видов смесителей (гравитационных опрокидных, реверсивных и с вводным лотком, тарельчатых с неподвижным и вращающимся корпусом и лотковых одно- и двухвальных) показали (табл. 7.2), что лотковые двухвальные смесители по сравнению с остальными рассмотренными имеют лучшие показатели.

В смесителях непрерывного действия исходные компоненты загружаются, смешиваются и разгружаются непрерывно. Их используют при массовом производстве одномарочных смесей, как правило, в установках или линиях непрерывного действия.

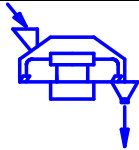
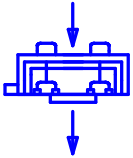
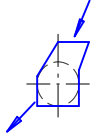
Смесители непрерывного действия характеризуются производительностью, зависящей от конструкции и режима работы смесителя и характеристик составляющих компонентов смеси. В табл. 7.3, 7.4 и [16] приведены значения наименьшей продолжительности смешивания в зависимости от типа смесителя, вида и характеристики смеси.

Таблица 7.2

Технические характеристики смесителей

Наименование	Эскиз	Вместимость, м ³	Допустимое В/Ц	Наибольшая крупность заполнителя, мм	Энергоемкость, кВт/м ³	Продолжительность, с	
						смешивания	разгрузки
1	2	3	4	5	6	7	8
Гравитационный опрокидной вместимости: малой		0,1...1,0	0,5...0,8	60	1,1...1,4	180	–
		1...5	0,52...0,9	180	1,2	–	25...45
Гравитационный неопрокидной с коническим барabanом		0,1...5,0	0,6...0,9	150	1,0...1,25	–	40...45
Гравитационный реверсивный с вводным лотком		0,1...5,0	0,5...0,8	80	1,6	180	–
		0,1...1,0	0,5...0,8	60	1,0...1,2	180	–

Окончание табл. 7.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Тарельчатый с неподвижным корпусом		0,5...2,0	0,48...0,7	80	2,2...4,8	–	30...35
		0,5...4,2	0,42...0,8	70	2,5...5,0	60	–
Тарельчатый противоточный с интенсификаторами или катками		0,5...3,0 0,5...8,0	0,42...0,8	60	4,0 2,5...5,0	– Не лимитируется	35...40
Лотковый: одновальный		0,2...2,0 0,5...3,0	0,45...0,85 0,32...0,9	100 150	2,8...3,9 2,8...3,6	– 30...60	30...40 –
		двухвальный	0,5...3,5 0,5...5,0	0,32...0,9 0,35...0,9	180 80...100	3,0...3,6 2,9...3,7	30...60 –

Для смесей подвижностью 3...8 см продолжительность смешивания снижается на 30 с. Для смесей подвижностью более 8 см – на 45 с.

Таблица 7.3

Наименьшая продолжительность смешивания бетонной смеси на плотных заполнителях, с

Объем готового замеса, л	В гравитационных смесителях при подвижности смеси, см		В смесителях принудительного действия
	3...8	более 8	
500 и более	75	60	50
Более 500	120	90	50

Таблица 7.4

Наименьшая продолжительность смешивания бетонной смеси на пористых заполнителях с подвижностью менее 3 см и жесткостью до 20 с

Объем готового замеса, л	Средняя плотность кг/м ³			
	Более 1 700	1 400...1 700	1 000...1 400	1 000 и менее
500 и менее	105	120	150	180
500...1 000	120	150	180	210
Более 1 000	150	180	210	240

Для смесей, имеющих жесткость более 20 с, продолжительность смешивания увеличивается по сравнению с табличным значением (табл. 7.4) на 60 с.

Асфальтобетонные смесители классифицируются по производительности, компоновке, конструкции, способу перемешивания и подвижности. В литературе рассматриваются асфальтобетонные установки, объединяющие сортировку, дозаторы, смесители и накопительный бункер. Имеются два типа компоновки установок: первый – когда поднятые материалы (компоненты) проходят все стадии технологического процесса, перемещаясь в вертикальном направлении; второй – когда конструкция агрегатов смесительной установки расположена в горизонтальном направлении (смесители партерного типа).

При партерном расположении агрегатов упрощены монтаж и демонтаж установки, удобнее ее эксплуатация и проведение ремонтных работ, но значительно большая площадь отводится под АБЗ (асфальтобетонный завод) и технологический путь компонентов в суммарном горизонтальном перемещении больше, чем общая высота для первой компоновки.

Смесительные установки укомплектовываются мешалками периодического и непрерывного действия. В мешалках периодического действия время перемешивания может регулироваться соответственно производительности и технологическим нормам, поэтому они получили большее применение. В мешалках непрерывного действия время перемешивания материалов равно времени продвижения смеси вдоль корпуса мешалки.

Поэтому на АБЗ городского типа, где часто требуется изменение рецепта смеси, целесообразно применять мешалки периодического действия, а для большей производительности и получения смеси с постоянным рецептом экономически выгодно устанавливать мешалки непрерывного действия. Технические характеристики асфальтобетонных смесителей отечественного производства представлены в табл. 7.10, а схема комплектации асфальтобетонных смесительных установок – на рис. 7.2.

7.2. Смесительные машины. Устройство и характеристики

Осуществление технологических операций при приготовлении цементобетонов, растворов и асфальтобетонов невозможно без подбора оборудования и машин, а для этого необходимо иметь общее представление о конструкциях машин и знать их технические характеристики.

В этом разделе приведены описания конструктивного исполнения смесительных машин. Технические характеристики позволят оценить возможности той или иной конструкции.



Рис. 7.2. Схема комплектации асфальтобетонного завода

7.2.1. Гравитационные смесители

В гравитационных смесителях исходные материалы подаются во вращающийся барабан, где происходит их перемешивание до получения однородной смеси.

Смесительный барабан (рис. 7.3) представляет собой металлическую емкость в виде конуса 1 и сферы 2, соединенных цилиндрической обечайкой 3. Внутренняя поверхность барабана снабжена износостойкой «футиковкой» из сменных металлических (стальных) листов 4. В барабане на кронштейнах 10 закреплены три передние 5 и три задние 6 лопасти. К цилиндрической обечайке 3 барабана с внешней стороны на прокладках 7 приварен зубчатый венец 8, а к торцу переднего корпуса – фланец 9. Сферическая часть закрыта крышкой 11.

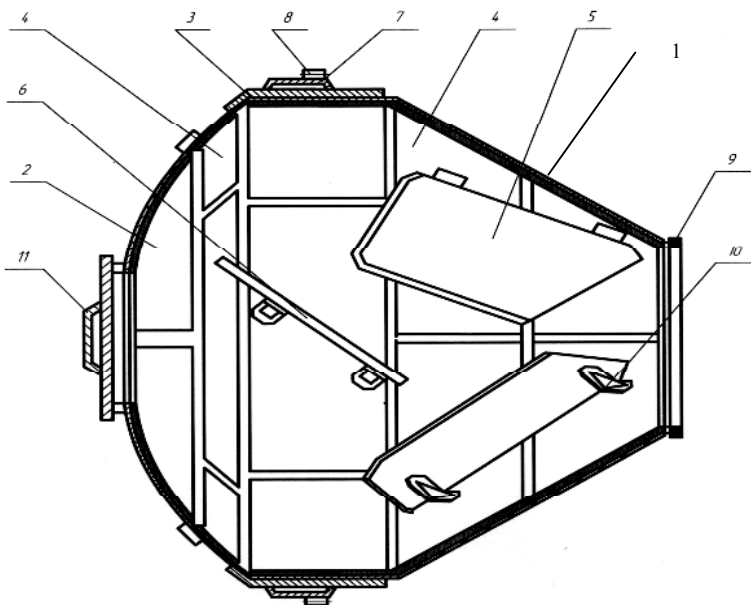


Рис. 7.3. Смесительный барабан:

- 1 – конус; 2 – сфера; 3 – обечайка; 4 – листы футеровки; 5 – лопасти передние;
6 – лопасти задние; 7 – прокладка; 8 – зубчатый венец; 9 – фланец;
10 – кронштейн; 11 – крышка

Во время вращения барабана компоненты, удерживаемые лопатками, поднимаются вверх и затем обрушиваются вниз и перемешиваются. Процесс продолжается в течение всего времени вращения барабана.

Барабаны в некоторых смесительных машинах выполняют двухконусными.

Смесители типов СБ-165, СБ-91, СБ-94, СБ-103 имеют грушевидный (конусно-сферический) барабан и по способу перебазирования являются передвижными, а типов СБ-103, СБ-108 – оснащены двухконусными барабанами и базируются стационарно в технологической линии.

По характеру работы смесители бывают циклические и непрерывного действия.

В смесителях циклического действия исходные материалы смешиваются отдельными порциями. Такой способ позволяет регулировать продолжительность смешивания в зависимости от состава материалов и вместимости смесителя, т.е. готовить смеси различных марок.

Устройство гравитационных циклических смесителей рассмотрим на примере СБ-103 и СБ-10В.

Бетоносмеситель СБ-103 входит в комплект оборудования бетонных заводов и установок бетоносмесительных цехов заводов железобетонных изделий.

Бетоносмеситель (рис. 7.4) состоит из рамы 1, опорных стоек 2, смесительного барабана 3, траверсы 4, привода вращения барабана 5 и пневмоцилиндра 6 для опрокидывания барабана при выгрузке готовой смеси. Траверса 4 представляет собой сварную конструкцию коробчатого типа, выполненную в виде полукольца с цапфами 7 на концах.

Цапфы с подшипниками 8 закреплены на стойках 2 и служат для поворота смесительного барабана. На траверсе смонтированы опорные 9 и поддерживающие 10 ролики, обеспечивающие вращение и удержание барабана при разгрузке. На левой стойке установлен пневмоцилиндр 6 для опрокидывания барабана, а на правой – два конечных выключателя крайних положений барабана (траверсы).

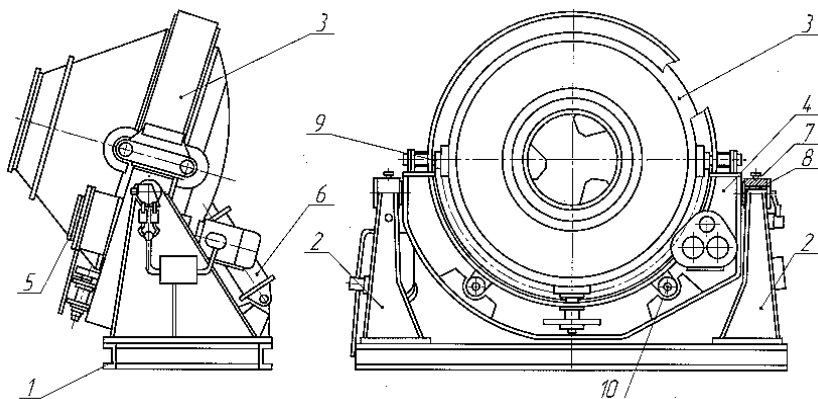


Рис. 7.4. Бетоносмеситель СБ-103:

- 1 – рама; 2 – стойки; 3 – барабан; 4 – траверса; 5 – привод;
 6 – пневмоцилиндр; 7 – цапфы; 8 – подшипники;
 9, 10 – опорные и поддерживающие ролики

Нормальное зацепление шестерни и зубчатого венца на барабане регулируют опорными роликами, вращающимися в подшипниках, установленных на осях с эксцентриситетом. Поддерживающие ролики также смонтированы в подшипниках на эксцентриковых осях 11, позволяющих регулировать зацепление зубчатого венца с приводной шестерней.

Бетоносмеситель СБ-10В (рис. 7.5) состоит из рамы 1, 6 со стойками 2, 4; траверсы 3 с опорами и поддерживающими роликами 11; загрузочного устройства 10; двухконусного смешительного барабана 3; зубчатого венца 9, закрытого предохранительным кожухом; пневмоцилиндра 5; привода с редуктором 7; электрооборудования. Как и в предыдущей конструкции смесителя СБ-108, барабан внутри имеет противоизносные листы – футеровку.

К преимуществам гравитационных смесителей относятся: простота конструкции, эксплуатации и обслуживания и возможность работы на смесях с наибольшей крупностью заполнителей (до 120...150 мм); незначительное изнашивание рабочих органов; малая энергоемкость; низкая себестоимость приготовления смеси. Оптимальное время смешивания 60...90 с, а полного цикла, включая загрузку и выгрузку, – в пределах 90...150 с.

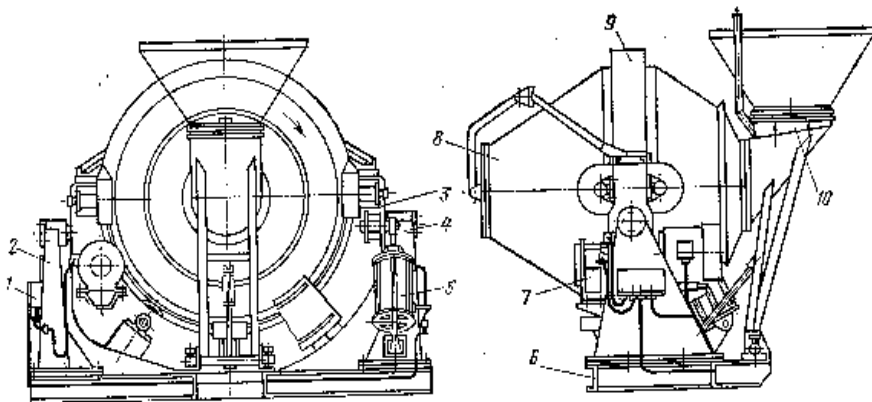


Рис. 7.5. Бетоносмеситель СБ-10В:

- 1, 6 – рама; 2, 4 – левая и правая стойки; 3 – траверса; 5 – пневмопривод;
 7 – редуктор; 8 – смесительный барабан; 9 – зубчатый венец;
 10 – загрузочное устройство

Основные технические характеристики гравитационных смесителей можно найти в таблицах (табл. 7.5) и справочной литературе.

Бетоносмесительная установка СБ-109 (рис. 7.6) непрерывного действия состоит из барабана 1 цилиндрической формы, на внутренней поверхности которого укреплены лопасти 3. Барабаны приводятся во вращательное движение приводом 7 через вал 11, опирающийся через подшипник 6 на стойку 12. Второй точкой опоры барабана является бандаж 4, который опирается на вращающиеся ролики 5, установленные на раме 2.

Загрузка барабана осуществляется через лоток 8, а выгрузка – через устройство 9.

Установка имеет следующие показатели: производительность 120 м³/ч; частота вращения барабана 0,3 с⁻¹; диаметр барабана 1 600 мм; масса 6 300 кг.

В смесителях непрерывного действия исходные компоненты загружаются, смешиваются и разгружаются непрерывным потоком. Их используют при массовом производстве одномарочных смесей в установках или линиях непрерывного действия.

Таблица 7.5

*Технические характеристики
циклических гравитационных бетономесителей*

Показатели	СБ-16Б	СБ-91	СБ-108	СБ-94	СБ-3	СБ-103
Объем готового замеса	330	500	800	1000	1600	2000
Вместимость по загрузке, л	500	750	1200	1500	2400	3000
Число циклов приготовления бетонной смеси, цикл/ч	30	25	25	20	20	20
Наибольшая крупность заполнителя, мм	70	120	120	120	120	120
Частота вращения барабана, с ⁻¹	0,3	0,3	0,283	0,293	0,21	0,21
Мощность двигателя вращения барабана, кВт	4	4	13	13	25	22
Механизм опрокидывания барабана	Гидравлический			Пневматический		
Угол наклона барабана, ...°: при загрузке и смещении при выгрузке	0 60	13 60	15 55	15 55	5 55	15 55
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	2 550 2 020 2 850	1 750 2 000 1 800	3 200 2 600 2 530	2 600 2 500 2 460	3 430 4 180 3 320	2 500 4 100 3 300
Масса, кг	1 900	1 250	3 850	3 000	8 050	7 200

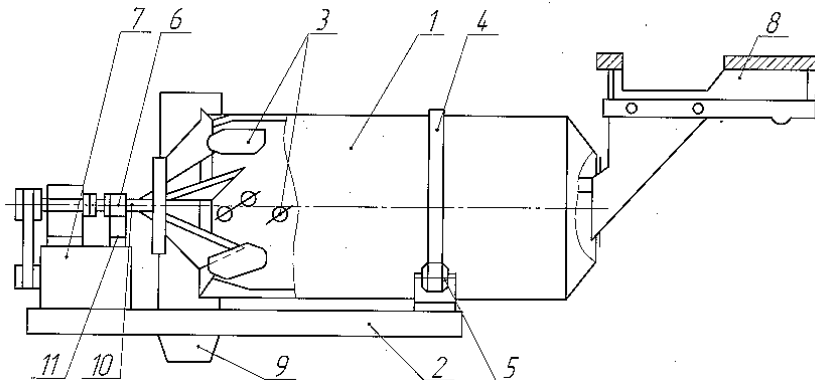


Рис. 7.6. Бетономеситель установки СБ-109:
 1 – барабан; 2 – рама; 3 – лопасти; 4 – бандаж; 5 – ролики;
 6 – подшипник; 7 – привод; 8 – лоток загрузочный;
 9 – лоток разгрузочный; 10 – вал; 11 – стойка

Смесители непрерывного действия характеризуются производительностью, зависящей от конструкции, режима работы установки и характеристик составляющих компонентов смеси.

7.2.2. Смесители принудительного действия

Смесители принудительного действия по характеру работы подразделяются на два вида – циклического и непрерывного действия, а их конструктивными особенностями является горизонтальное или вертикальное расположение смесительных валов.

Смесители циклического действия с вертикальным расположением называют тарельчатыми; с горизонтальным – лотковыми.

Смесители тарельчатого типа по конструкции рабочих органов бывают: роторными (СБ-35, СБ-93, СБ-138, СБ-112, СБ-80А); планетарно-роторными (СБ-52); турбулентными (СБ-43Б, СБ-108А, СБ-120А); с откидывающимися лопастями (СО-23Б). Смесители лоткового типа – одновальными (СО-26Б, СО-46А, СБ-47). К смесителям непрерывного принудительного действия относятся СБ-61, СБ-75.

Смесители принудительного действия с вертикально расположенными валами применяют для приготовления бетонных и растворных смесей практически любой подвижности и жесткости.

Загруженные в смеситель исходные материалы смешиваются лопастями, вращающимися вокруг центральной оси.

К преимуществам смесителей принудительного действия относятся: меньшая, по сравнению с гравитационными, продолжительность смешивания; более высокая производительность; предотвращение комкования смеси. Оптимальное время смешивания составляет 30...60 с, а полный цикл – 75...120 с.

К недостаткам смесителей этого типа относятся ограничение крупности заполнителей (до 70 мм); значительное изнашивание рабочих органов и футеровки; более высокие энергоемкость и себестоимость приготовления смеси. Технические характеристики некоторых роторных смесителей приведены в табл. 7.6.

Из смесителей принудительного действия с вертикально расположенными смесительными валами наиболее распространены роторные циклические установки ввиду несложности конструкции

и удобства обслуживания при эксплуатации. Они предназначены для приготовления бетонных смесей и раствора любой подвижности и жесткости как в большом, так и в малом объемах; могут применяться самостоятельно и в комплекте оборудования бетонных заводов и бетоносмесительных цехов заводов сборного железобетона.

Таблица 7.6

Технические характеристики роторных смесителей

Показатели	СБ-80А	СБ-35	СБ-93	СБ-138	СБ-112
1	2	3	4	5	6
Способ перебазирования	Передвижной	Стационарные			
Объем готового замеса, л	165	330	1 000	1 000	1 000
Вместимость по загрузке, л	250	500	1 500	1 500	1 500
Число циклов приготовления бетонной смеси, цикл/ч	40	40	40	40	30
Частота вращения ротора, с ⁻¹	0,517	0,533	0,333	0,317	0,333
Крупность заполнителя, мм не более	40	70	70	70	70
Мощность двигателя, кВт	5,5	13,0	40,0	40,0	40,0
Давление в пневмосистеме, МПа	–	0,4...0,7	0,4...0,6	0,4...0,6	0,4...0,7
Давление в паропроводящей системе, МПа	–	–	–	–	0,2...0,5
Габаритные размеры, мм:					
длина	–	2 200	2 880	3 580	2 980
длина с поднятым ковшом	1 910	–	–	–	–
ширина	1 550	1 970	1 690	2 690	2 690
высота	2 070	1 800	2 850	1 670	2 850
Масса, кг	1 170	2 000	2 900	4 700	5 900

Рассмотрим общее устройство роторного бетоносмесителя принудительного действия СБ–80А (рис. 7.7).

Роторный бетоносмеситель СБ–80А состоит из корпуса-чаши 1; смешивающего устройства 2; рамы 3; вертикального вала 4; при-

вода 5; ковша 6, поднимаемого скиповым подъемником и включаемого рукояткой 10; затвора 8; системы водопитания 9 и рамы 7 скипового подъемника. Корпус – чаша 1, футерованная износостойкой сталью, установлена на раме 3. К ней прикреплены затвор разгрузочного устройства 8 и рама скипового подъемника 7. В смешивающем устройстве, кроме рабочих лопастей, имеются наружная и внутренняя очистные лопасти, жестко закрепленные на кронштейнах. Рабочие лопасти установлены на кронштейнах с помощью рессорных амортизаторов. При попадании инородного тела между днищем и рабочими лопастями последние поворачиваются.

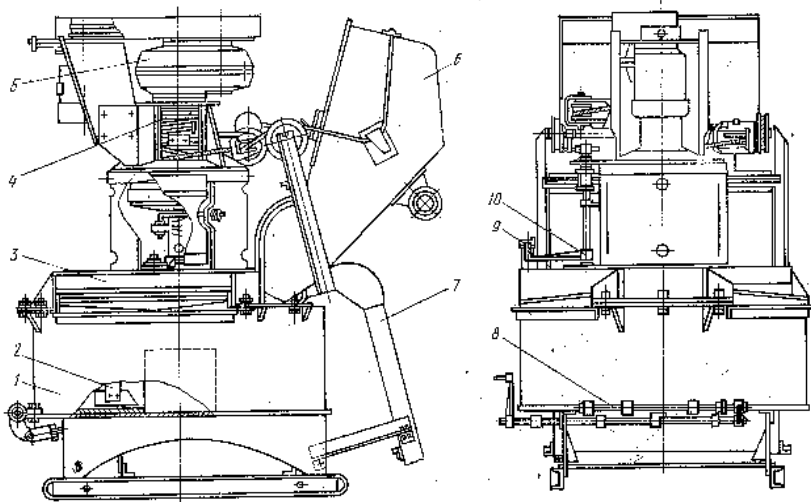


Рис. 7.7. Бетономеситель СБ-80А

Рассмотрение кинематической схемы бетономесителя СБ-80А (рис. 7.8) дает расширенное представление о взаимодействии некоторых механизмов привода и об управлении процессом перемешивания.

Привод рабочего органа смесителя осуществляется от электродвигателя 1 через ременную передачу 2 и цилиндрический двухступенчатый редуктор 3, через муфту 4 и фрикционную конусную муфту 6 (подвижная часть ее соединена с ведущим валом смесителя). Одна из полумуфт соединена с барабаном скипового подъемника 7 и шкивом тормоза 8.

Фрикционная муфта включается рукояткой 9, одновременно приводится в движение барабан подъема ковша 10 скипового подъемника. При размыкании фрикционной муфты (после выгрузки исходных компонентов) ковш опускается под действием собственного веса. Рабочий орган – смешивающее устройство 12 жестко установлен на ведущий вал, а лопасти 15 соединены шарнирно. Выгрузка готовый смеси осуществляется перемещением рукоятки 13 затвора 14.

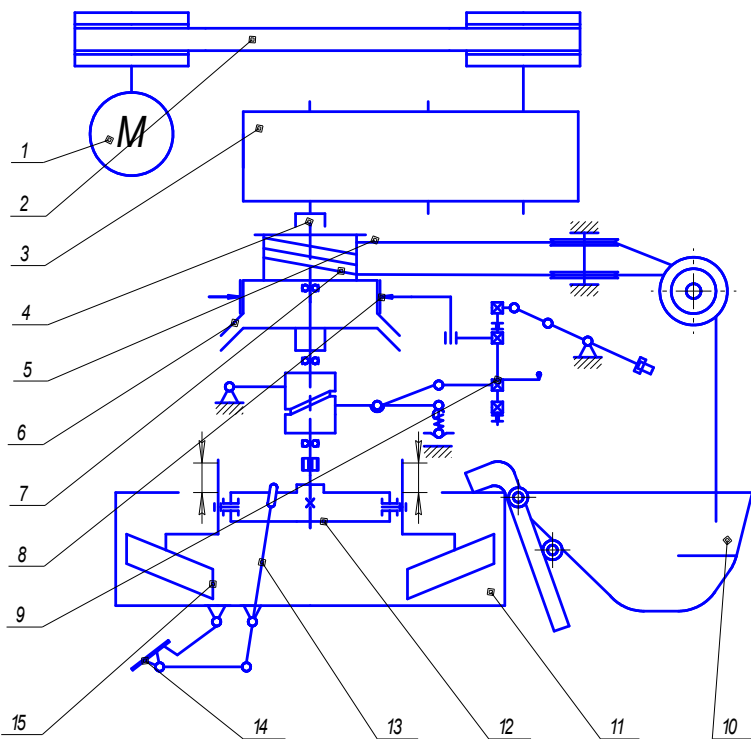


Рис. 7.8. Кинематическая схема бетоносмесителя СБ-80А:

1 – электродвигатель; 2 – ременная передача; 3 – цилиндрический двухступенчатый редуктор; 4 – муфта; 5 – канал стальной; 6 – фрикционная корпусная муфта; 7 – барабан скипового подъемника; 8 – шкив тормоза; 9 – рукоятка включения фрикционной муфты; 10 – ковш; 11 – корпус-чаша; 12 – смешивающее устройство; 13 – рукоятка затвора; 14 – затвор; 15 – лопасть смесителя

Бетоносмеситель СБ-35 (рис. 7.9) состоит из неподвижного корпуса 1, закрепленного на раме 2. Смешивающее устройство 3 установлено на вертикальном приводном вале 4, который приводится в движение мотором-редуктором 5 через промежуточную зубчатую передачу. Смешивающее устройство включает в себя лопасти 6, закрепленные на кронштейнах 7, которые соединены с пружинными амортизаторами 8, предотвращающими поломки лопастей. Разгрузка готовой смеси осуществляется через затвор 9, управляемый пневмоцилиндром 10. Исходные компоненты загружаются через патрубков 11, а вода подается через заливную трубу.

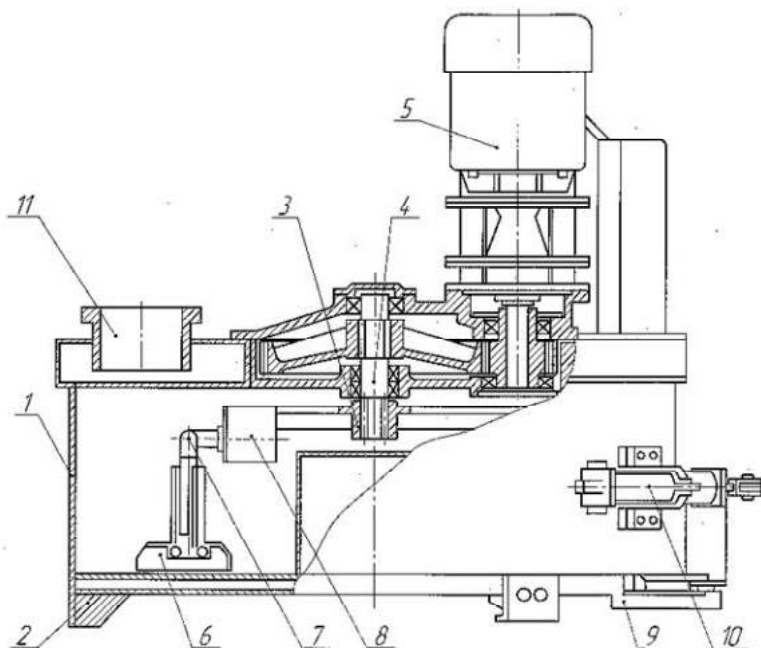


Рис. 7.9. Бетоносмеситель СБ-35

Бетоносмеситель СБ-93 (рис. 7.10) состоит из неподвижного корпуса 1, ротора 11, приводимого во вращение мотор-редуктором 4 через муфту, закрепленную на ведомом валу планетарного редуктора. Корпус смесителя закрывается крышкой 2,

на которой смонтированы пульт управления 5, загрузочный люк 9 для заполнительной смеси, вытяжной патрубков 3 для соединения с аспирационной системой. Цемент загружается через патрубок 14, а разгрузка готовой смеси производится через затвор 8, приводимый в движение пневмоцилиндром 12. На роторе закреплены лопасти – верхние 15 и донные 16. Наружный 10 и внутренний 17 очистные скребки крепятся на корпусе ротора с помощью рычагов.

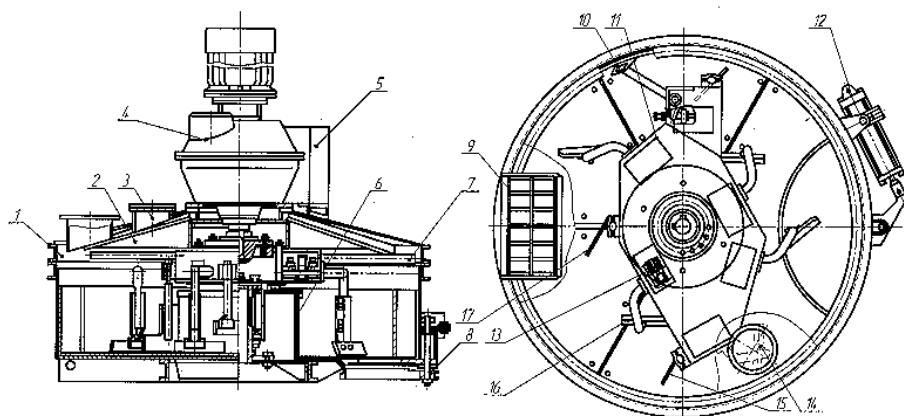


Рис. 7.10. Бетономеситель СБ-93:

- 1 – корпус чаши; 2 – крышка; 3 – вытяжной патрубок; 4 – мотор-редуктор;
 5 – пульт управления; 6 – центральный стакан; 7 – сливная труба;
 8 – разгрузочный затвор; 9 – разгрузочный люк для заполнителей;
 10, 17 – наружный и внутренний очистные скребки; 11 – ротор;
 12 – пневмоцилиндр; 13 – пружина; 14 – загрузочный патрубок
 для цемента; 15, 16 – верхние и донные лопасти

Все лопасти соединяются с ротором через подвижные рычаги и пружинные амортизаторы, предотвращающие поломки ротора и привода при перегрузках или попадании инородных тел между лопастями и корпусом.

Основное отличие бетономесителя СБ-93 состоит в применении пароподводящей системы. Кроме того, в пневматическую систему введены дополнительно по два пневмоцилиндра,

управляющих затворами на воронках подачи цемента и заполнителей.

Бетоносмеситель СБ-112 выполнен на базе установки СБ-93 и предназначен для приготовления предварительно разогретых бетонных смесей на заводах сборного железобетона. Смесь разогревается путем подачи в смеситель пара по специальным каналам.

Планетарно-роторные бетоносмесители (рис. 7.11) отличаются от роторных тем, что в них применен планетарный привод с дополнительными смешивающими лопастями, вращающимися в направлении, противоположном вращению ротора. Планетарно-роторный бетоносмеситель СБ-62 предназначен для приготовления бетонной смеси раствора. Он имеет следующие показатели: объем по загрузке – 1 200 л, объем готового замеса – 800 л, число замесов в час – 40; максимальная крупность заполнителей – 70 мм; мощность электродвигателя – 28 кВт; габаритные размеры – 2955 × 2280 × 2795 мм; масса – 4200 кг. Кинематическая схема (рис. 7.14) дает представление о работе смесителя. Загрузка исходных компонентов смеси производится сверху, разгрузка готового материала – через разгрузочный затвор, расположенный в днище чаши.

Турбулентные смесители предназначены для приготовления строительных растворов различного назначения. В отличие от роторных, они производят смешивание компонентов рабочим органом, действующим аналогично рабочему колесу центробежного насоса и вращающимся с более высокой частотой, чем у роторных смесителей.

Устройство рассмотрим на примере турбулентного смесителя СБ-81 (рис. 7.12), который состоит из рамы 1, смесительного ротора 11, приводящегося в движение от электродвигателя 4 через ременную передачу 5. Разгрузочное устройство состоит из лопастей 10, приводящихся в движение рычагом 8 от промежуточного вала 9 через редуктор 7. Привод разгрузочных лопастей предназначен для ускорения разгрузки и удаления со стенок бака смеси. Готовый раствор выгружается через затвор 3, расположенный в конической части бака и открываемый посредством пневмоцилиндра 11.

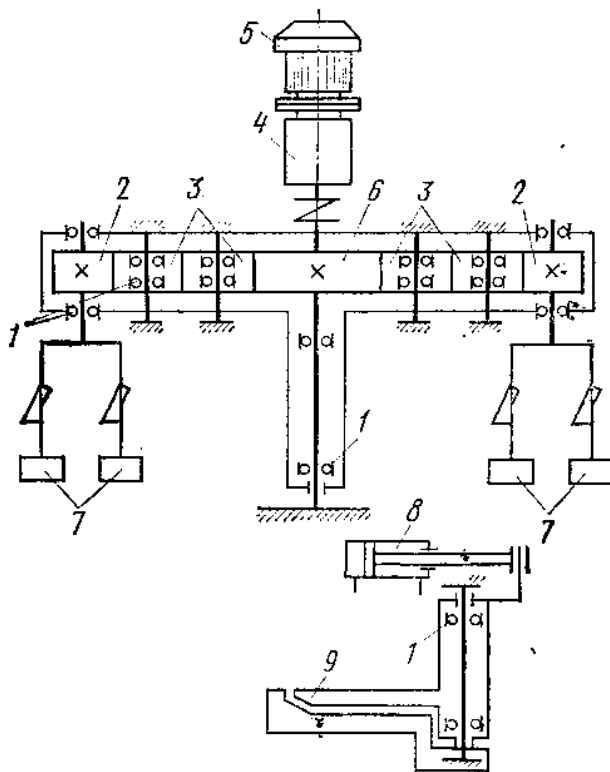


Рис. 7.11. Кинематическая схема бетоносмесителя СБ-62:

- 1 – подшипники качения; 2 – ведомые шестерни; 3 – промежуточные шестерни;
 4 – мотор-редуктор; 5 – электродвигатель; 6 – центральное зубчатое колесо;
 7 – лопасти; 8 – пневмоцилиндр; 9 – разгрузочный затвор

Керамзитобетоносмеситель СБ-43Б относится к малогабаритным мобильным смесителям, предназначенным для приготовления всех видов штукатурных растворов. Технические характеристики [16] турбулентных смесителей приведены в табл. 7.7.

Бетоносмесители непрерывного действия с горизонтальными смесительными валами входят в число смесителей принудительного действия, предназначены для приготовления жестких и подвижных бетонных смесей и могут быть использованы при производст-

ве строительных растворов. В конструктивном исполнении смесители почти одинаковы и отличаются производительностью, размерами, формой рабочих органов и конструкцией разгрузочных устройств. В табл. 7.8 приведены технические характеристики бетоносмесительных установок.

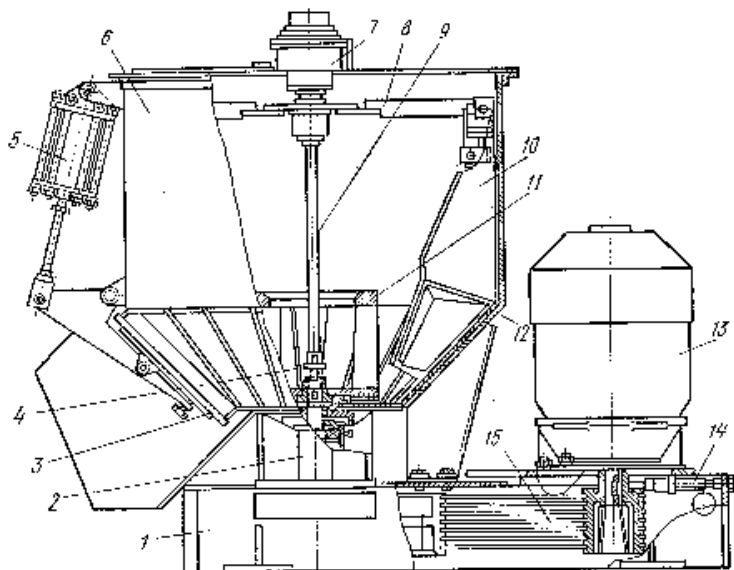


Рис. 7.12. Турбулентный растворосмеситель СБ-81:

- 1 – рама; 2 – корпус подшипника; 3 – затвор; 4 – муфта; 5 – пневмоцилиндр; 6 – бак (чаша); 7 – редуктор; 8 – рычаг; 9 – промежуточный вал; 10 – разгрузочная лопасть; 11 – ротор; 12 – износостойкая футеровка; 13 – электродвигатель; 14 – натяжной винт; 15 – клиноременная передача

Устройство бетоносмесителей непрерывного действия рассмотрим на примере установки СБ-75 (рис. 7.13), которая состоит из привода, объединяющего электродвигатель 1, клиноременную передачу 2, редуктор 3, муфту 4 и открытую зубчатую передачу. Корпус 12 бетоносмесителя – сварной конструкции и корытообразной формы, установлен горизонтально, внутри футерован износостойкими стальными пластинами. Внутри корпуса – вал 9 с размещенными на нем лопастями 7. Взаимное расположение последних

на валу таково, что они образуют с осью вала угол 45° , а поворот одной лопасти относительно другой позволяет при вращении получить винтовую поверхность. Вал составлен из отдельных участков, соединяемых в один общий, опирающийся на втулки 8 вдоль корпуса. Весь вал опирается на опоры 10 с встроенными подшипниками. Сырьевые компоненты загружаются через патрубок 6, а разгружаются в конце корпуса в транспортное устройство или промежуточную емкость. Смесители аналогичной конструкции применяются для приготовления силикатных, керамических и других строительных смесей.

Таблица 7.7

Технические характеристики турбулентных смесителей

Показатели	СБ-43	СБ-108А	СБ-81	СВ-120А
Способ перебазирования	Пере- движной	Стационарные		
Объем готового замеса, л	65	500/800	800	1 000
Вместимость по загрузке, л	80	1 000	1 000	1 200
Число циклов в час при механизированной загрузке	–	40	40	40
Наибольшая крупность за- полнителя, мм	40	40	5	40
Частота вращения ротора, с ⁻¹	9,167	5,333	5,333	5,333
Мощность двигателя, кВт	3	55	40	55
Габаритные размеры, мм:				
длина	1 470	2 900	2 530	3 100
ширина	585	1 500	1 620	1 900
высота	895	2 000	1 860	1 800
Масса, кг	160	2 500	2 150	2 400

Циклические растворосмесители с горизонтальными валами относятся к смесителям принудительного действия и предназначены для приготовления строительных растворов на месте их использования. Конструктивно растворосмеситель выполнен таким образом, чтобы получить более компактную схему, и это возможно при применении короткого смесительного вала, на котором закреплены кронштейны с лопастями. Для загрузки исходных компонентов и выгрузки готовой смеси используется подъемник, подобный применяемому в СБ–80А (рис. 7.8).

*Технические характеристики
бетоносмесителей непрерывного действия*

Показатели	СБ-61	СБ-19	СБ-75	СБ-78
Производительность, м ³ /ч	5	15	30	60
Частота вращения вала, с ⁻¹	1,083	1,167	0,917	0,80
Число пар лопастей на каждом валу, шт.	28	23	16	16
Наибольшая крупность заполнителя, мм	40	40	40	40
Мощность двигателя, кВт	3	20	20	40
Габаритные размеры, мм:				
длина	2 400	3 300	4 735	4 846
ширина	692	1 000	2 420	2 720
высота	1 230	1 600	1 655	1 675
Масса, кг	670	930	3 115	5 735

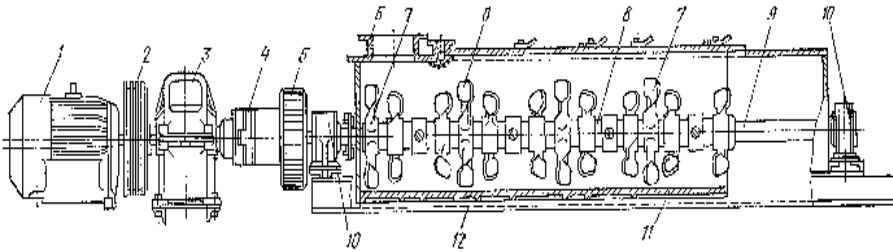


Рис. 7.13. Бетоносмеситель непрерывного действия СБ-75:

- 1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – редуктор;
4 – муфта; 5 – зубчатая передача; 6 – загрузочный патрубок;
7 – лопасти; 8 – втулка; 9 – вал; 10 – подшипниковая опора;
11 – износостойкая футеровка; 12 – корпус

Технические характеристики циклических растворо-смесителей приведены в табл. 7.9.

Асфальтобетонные смесительные установки [17] представляют собой группу отдельных агрегатов, смонтированных в соответ-

ствии с перемещением и подачей исходных материалов для приготовления асфальтобетона. Установки объединяют: агрегат питания, связывающий устройства для подачи песка и щебня; дозаторы; сушильный барабан, просушивающий и нагревающий до рабочей температуры (180...220 °С) минеральные материалы; сортировочный агрегат, разделяющий минеральную смесь по крупности фракций (0...5, 5...15, 15...25, 25...40 мм) на щебень, песок, минеральный порошок и битум, которые дозируются отдельно; агрегат для разогрева и подачи жидких вяжущих – битума разных марок, дегтей, активаторов; смесительный агрегат (смеситель, мешалка), являющийся основным звеном в приготовлении асфальтобетонной смеси. Наиболее часто используются смесители принудительного действия – двухвальные, горизонтальные, непрерывного смешивания с помощью лопастей, подобные применяемым в СБ-97, СБ-75. Производительность смесителей установлена в соответствии с типажом: 3, 6, 12, 25, 50 и 100 т/ч с перспективой до 200 т/ч. Технические характеристики некоторых отечественных асфальтобетонных смесительных установок приведены в табл. 7.10.

Таблица 7.9

Технические характеристики растворомесителей циклического действия

Показатели	СО-46А	СО-26Б	СБ-97
Объем готового замеса, л	65	65	250
Вместимость по загрузке, л	80	80	325
Частота вращения вала, с ⁻¹	0,6	0,533	0,517
Мощность двигателя, кВт	1,5	2,2	5,5
Габаритные размеры, мм:			
длина	1 636	1 825	1 845
ширина	610	610	2 130
высота	1 155	1 160	2 225
Масса, кг	210	260	1 230

В настоящее время выпускается ряд смесителей производительностью от 3 до 50 т/ч.

Смесительная установка Д-386 (рис. 7.14) малой производительности может использоваться при ремонте и строительстве до-

рог местного значения с объемами работ, не превышающими 5...8 тысяч тонн готовой смеси в сезон.

Установка Д-386 состоит из рамы 4, на которой смонтированы: сушильный барабан 3, смеситель 1, топливная система и битумная система с насосом и вентилятором-дозатором битума.

Компоненты с помощью лотка 2 подаются в сушильный барабан периодически, далее перемешиваются посредством подающих устройств.

Все механизмы приводятся в движение от дизельного двигателя 5, Д20, а установка смонтирована на раме с пневмоколесами и может перемещаться как полуприцеп.

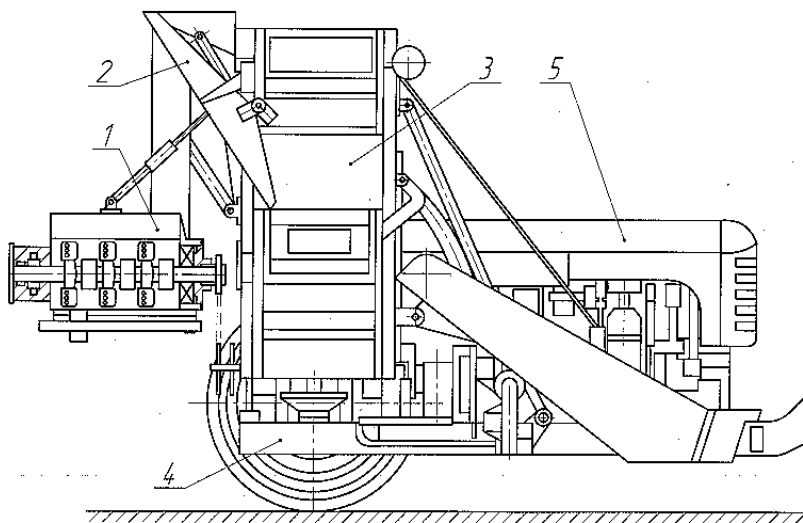


Рис. 7.14. Передвижной асфальтобетонный смеситель Д-386 малой производительности (вид сбоку)

Таблица 7.10

Технические характеристики отечественных асфальтобетонных смесительных установок

Наименование оборудования	Индекс	Производительность, т/ч	Емкость мешалки, кг	Характеристика смешивания	Мощность, кВт	Вес, т	Расположение оборудования
Смеситель передвижной	Д-386	3	180	Периодического действия	18 л.с	3,7	
Смеситель передвижной	Д-288	6,5 при влажн. 2...3 %, 4 при влажн. 6 %	200	Непрерывного действия	30	7,2	
Комплект автоматического технологического оборудования для приготовления асфальтобетонных смесей	Д-508-11	25	600	Периодического действия	89	24,4	Смеситель башенного расположения
Смеситель асфальтобетона	Д-597	25	600	То же	93,5	26,9	То же
Смеситель асфальтобетонных смесей	Д-597А	25	600	Непрерывного действия	104,5	36,8	Смеситель партерного расположения
Комплект автоматического технологического оборудования для приготовления асфальтобетонных смесей	Д-645-3	100	3 400	Периодического действия	622,7	185	То же
	Д-617-1	50	1 200	Непрерывного действия	306	127,5	Смеситель карьерного типа для грунтобитумных смесей
	Д-709	100	3 400		114,1	22,8	

7.2.3. Определение параметров для подбора смесительных машин

В процессе разработки технологического процесса изготовления бетонных изделий инженер определяет объемы строительных материалов и производительность отдельных машин, включенных в технологическую систему.

Таким образом, для обеспечения производственной программы необходимо подобрать технологическое оборудование соответственно параметрам, которые будут обеспечивать качественное изготовление бетонных или других строительных конструкций и изделий.

Смесительные установки подбирают по техническим характеристикам, определяемым предварительным расчетом на каждую марку машины.

Для гравитационных бетоносмесителей непрерывного действия производительность устанавливают по формуле [16,18], м³/ч,

$$\Pi = V_3 Z_3 \cdot k_\beta k_H / 1000 ,$$

где V_3 – вместительность смесителя по загрузке, л; Z_3 – число замесов в час; k_β – коэффициент выхода бетонной смеси, равный 0,65...0,70; k_H – коэффициент использования смесителя по времени смены, равный 0,85...0,90;

$$Z_3 = \frac{3600}{(t_1 + t_2 + t_3 + t_4)} ;$$

t_1 – продолжительность загрузки, составляющая 10...15 с; t_2 – продолжительность смешения, с, по табл. 7.2; t_3 – продолжительность выгрузки, равная 15...25 с; t_4 – продолжительность возврата барабана в исходное положение, равная 10...20 с.

Для учета конструктивных особенностей машины определяют:
– внутренний диаметр цилиндрической части барабана, м,

$$D = (1,65 \dots 1,75) \sqrt[3]{V_3} ,$$

– частоту вращения барабана, с⁻¹,

$$n = (0,25 \dots 0,35) \sqrt{\frac{D}{2}} .$$

Мощность N , кВт, электродвигателя привода вращения барабана расходуется на подъем материала во вращающемся барабане (N_1) и на преодоление сопротивлений от трения в опорных механизмах барабана (N_2). Мощность N_1 определяется из условия, что число циркуляций смеси за один оборот барабана равно двум:

$$N_1 = 2,2P_{\text{см}}Rn/1\,000,$$

где 2,2 – переводной коэффициент от упрощений исходных выражений; $P_{\text{см}}$ – сила тяжести бетонной смеси, Н; R – внутренний радиус цилиндрической части барабана, м; n – частота вращения барабана, с^{-1} ;

$$P_{\text{см}} = V_3\rho gk_B/1\,000,$$

где V_3 – вместимость смесителя по загрузке, л; ρ – плотность бетонной смеси, $\text{кг}/\text{м}^3$ (для легких бетонов $\rho = 500 \dots 1\,800$; для облегченных $\rho = 1800 \dots 2200$; для тяжелых $\rho = 2\,200 \dots 2\,500$); g – ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{с}^2$; k_B – коэффициент выхода бетонной смеси, равный $0,65 \dots 0,70$.

Для смесителей, у которых барабан опирается на опорные ролики, мощность, кВт,

$$N_2 = \frac{(P_{\text{см}} + P_{\text{б}})(R_{\text{б}} + r)\omega\mu}{1000 \cos \beta r},$$

где $P_{\text{б}}$ – сила тяжести барабана, Н; $R_{\text{б}}$ – радиус банджа, равный $(1,05 \dots 1,10)R$; r – радиус опорного ролика, м, равный $(0,15 \dots 0,20)R$; ω – угловая скорость вращения барабана, с^{-1} ; μ – коэффициент (плечо) трения качения, равный $0,0008 \dots 0,001$ м; β – угол установки опорных роликов на траверсе, равный $30 \dots 36^\circ$.

Для смесителей, у которых смесительный барабан установлен на центральной цапфе, мощность, кВт,

$$N_2 = (P_{\text{см}} + P_{\text{б}})fr_0\omega/1\,000,$$

где f – коэффициент трения, приведенный к валу подшипника опорного устройства, равный $0,01 \dots 0,015$; r_0 – радиус цапфы опорного вала, м, равный $(0,06 \dots 0,08)R$.

Мощность, кВт, электродвигателя привода вращения барабана

$$N = (N_1 + N_2)/\eta,$$

где η – КПД привода, равный $0,75 \dots 0,85$.

Опорные и поддерживающие ролики и траверсу гравитационных бетоносмесителей определяют, исходя из расчетной схемы и действующих усилий.

Механизм опрокидывания барабана рассчитывают из уравнения равновесия системы относительно оси поворота траверсы:

$$P_c R_c K_3 = P_{исп} R_{исп},$$

где P_c – сила тяжести опрокидывающихся частей смесителя, Н; R_c – расстояние от оси поворота траверсы до точки приложения силы P_c , м; K_3 – коэффициент запаса, равный 1,1...1,2; $P_{исп}$ – усилие, действующее со стороны исполнительного механизма (например, штока цилиндра), Н; $R_{исп}$ – расстояние от оси поворота до точки приложения силы $P_{исп}$, м.

Кинематическую схему привода бетоносмесителя определяют по частоте вращения барабана и выбранного электродвигателя и данным передаточных отношений механизмов:

$$i_{общ} = i_1 i_2 \dots i_n = n_{дв}/n,$$

где $i_{общ}$ – общее передаточное отношение привода; i_1, i_2, \dots, i_n – передаточные отношения отдельных механизмов привода; $n_{дв}, n$ – частота вращения соответственно электродвигателя и барабана, c^{-1} .

В бетоносмесителях с горизонтальными лопастными смесительными валами непрерывного действия производительность зависит от площади поперечного сечения S_m материала в корпусе (корыте) и скорости V_m перемешивания материала вдоль корпуса, $m^3/ч$ [16,18]:

$$\Pi = S_m \cdot V_m = 900\pi D^2 b'_л n Z_л Z_в K_H,$$

где D – диаметр, описываемый наружной кромкой лопасти, м; $b'_л$ – проекция ширины лопасти на направление вращения, м; n – частота вращения лопастей, c^{-1} ; $Z_л$ – количество лопастей на валу на один шаг винтовой линии, S_b (рис. 7.15); $Z_в$ – количество смесительных валов; K_H – коэффициент заполнения корпуса (корыта), равный 0,5...0,6.

Конструктивные параметры бетоносмесителя (рис. 7.15) подбирают исходя из следующих данных: расстояние между лопастными валами $b_k = 1,5R$; ширина корпуса $B = b_k + 2R$; высота корпуса от оси вала $h = 1,35R$; общая высота корпуса $H = h + R = 2,35R$; длина корыта $L = 4,25R$; ширина лопастей $b_л = 0,42R$; высота лопа-

стей $h_n = 0,5R$; расстояние между смежными парами лопастей (шаг) $t_n = 0,75R$.

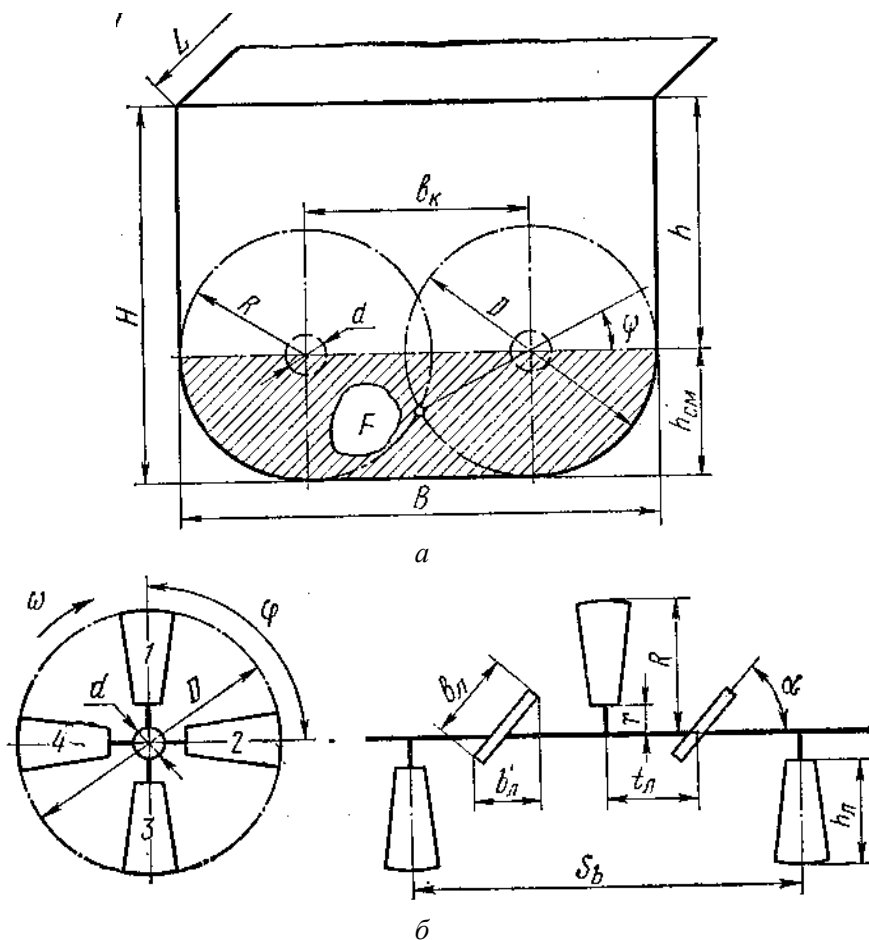


Рис. 7.15. Схемы к расчету основных конструктивных параметров бетоносмесителей непрерывного действия:
a – смесительного лотка; *б* – смесительного вала

Мощность, кВт, электродвигателя бетоносмесителя

$$N = pz_{\text{в}} \sum_{i=1}^n S_i R_i \omega / (1000\eta),$$

где p – сопротивление смеси, отнесенное к 1 м^2 площади смесительных органов, Па, равное $(2 \dots 6) \cdot 10^4$; $z_{\text{в}}$ – количество валов, установленных на бетоносмесителе; n – количество смесительных органов на валу; S_i – площадь проекции i -го смесительного элемента вала на направление вращения, м^2 ; R_i – расстояние от оси вращения до центра тяжести i -го рабочего (смесительного) органа, м; ω – угловая скорость смесительного органа, с^{-1} ; η – КПД привода бетоносмесителя, равный $0,75 \dots 0,85$.

При расчете прочности лопастных бетоносмесителей непрерывного действия исходят из двух случаев нагружения валов: при заклинивании лопасти, расположенной в середине корпуса смесителя, и при равномерном нагружении всех лопастей. Наиболее тяжелыми условиями работы смесительных валов считаются условия заклинивания щебня между лопастью и днищем в торце смесителя, когда вся мощность от привода воспринимается этой лопастью.

Окружное усилие на лопасти, кН,

$$T = N/(R\omega),$$

где N – мощность установленного электродвигателя, кВт; R – наружный радиус лопасти, м; ω – угловая скорость вала, с^{-1} .

7.3. Вибросмешивание и вибросмесительные машины

7.3.1. Процессы смешивания и методы их интенсификации

В технологии приготовления строительных и дорожных смесей в настоящее время применяют в основном два типа смесителей: гравитационные и с принудительным смешиванием.

В смесителях гравитационного действия исходные материалы смешиваются между собой в результате многократного падения. Эти смесители обеспечивают удовлетворительное перемешивание только пластичных смесей. Приготовление жестких и умеренно жестких смесей осуществляют в смесителях принудительного перемешивания. К преимуществам последних по сравнению со сме-

сителями свободного падения относятся: меньшее время смешивания, более равномерное распределение вяжущего и минеральных материалов, более широкая номенклатураготавливаемых смесей. Наряду с указанными достоинствами смесители принудительного действия имеют следующие недостатки: неполная однородность материала, обусловленная тем, что лопасти действуют на ограниченные объемы загрузки и не позволяют получить изотропного объемного разрушения структуры смеси; большой износ рабочих элементов; отсутствие активации компонентов смеси. С целью дальнейшего сокращения времени смешивания и улучшения качества смесей были предложены струйные, турбулентные, инерционно-импульсные и другие смесители.

В струйных смесителях процесс смешивания осуществляется в кипящем слое, создаваемом струями сжатого воздуха. Подача воды производится посредством форсунок. Данные смесители имеют ряд существенных недостатков: невозможность приготовления смесей с заполнителем крупнее 5 мм; значительный расход воздуха; жесткие требования к герметичности смесителя; большой износ штуцеров и корпуса смесителя.

В США и Швейцарии получил применение турбулентный способ смешивания асфальтобетонных смесей. К этому способу также относится «импакт-метод», разработанный фирмой Вибау (ФРГ). В указанных смесителях интенсификация процессов смешивания достигается, с одной стороны, за счет турбулизации смеси лопастями быстровращающегося вала, а с другой за счет подачи вяжущего в распыленном состоянии. Однако смесители турбулентного смешивания имеют недостатки, которые присущи смесителям принудительного действия.

Одним из наиболее эффективных способов интенсификации и улучшения процесса смешивания является вибрационный метод, предложенный А.Е. Десовым в 1937 году для приготовления жестких бетонных смесей в гравитационном смесителе с вибрирующими лопастями. С целью повышения качества бетонных смесей в 1930 году Ю.Я. Штаерман предложил метод предварительной виброактивации цементного теста или раствора. В 1956 году П.А. Ребиндером и Н.В. Михайловым высказана идея о непрерывном вибрировании бетонных смесей. Метод вибросмешивания

бетонной и цементно-песчаной смесей в смесителях с круговыми колебаниями корпуса был исследован Л.А. Файтельсоном. Виброперемешивание бетонных смесей опробовано также Б.Г. Скрамтаевым и В.И. Сорокером, Ю.М. Баженовым, С.А. Мироновым, Г.Я. Кунносом, А.М. Скудрой и многими другими авторами. Исследователи пришли к единодушному выводу, что при виброперемешивании повышается однородность бетонов, улучшается их формуемость, возрастает прочность.

Способ виброперемешивания асфальтобетонных смесей был исследован И.А. Рыбьевым, Н.В. Горельшевым, И.П. Керовым, Л.С. Валовой и др.

По мнению разработчиков, улучшение свойств асфальтобетонных смесей, приготовленных в вибросмесителях, по сравнению со смесями, полученными иным образом, происходит за счет большей однородности распределения частиц различных фракций между собой и повышенной степени обволакивания их разжиженным вибрационными воздействиями битумным вяжущим. Время перемешивания и качество смеси зависят от интенсивности движения минеральных частиц, являющихся распространителями и переносчиками битумного вяжущего, и определяются величиной интенсивности вибрационных импульсов рабочего органа смесителя, приводящих смесь в подвижное состояние.

Согласно результатам исследований [19], целесообразно применение вибросмесителей и для производства фибробетона. В вибросмесителях по сравнению с традиционными смесителями обеспечиваются: равномерное распределение волокнистой арматуры по всему объему замеса, приготовление смеси с более высоким содержанием армирующих компонентов и виброактивация цементного клея. Это способствует более полному использованию дисперсной арматуры и определяет прочность ее сцепления с бетоном.

Строительные смеси относятся к полидисперсным гетерогенным системам, на формирование которых оказывают большое влияние поверхностные явления, происходящие на границе раздела фаз. Важнейшими из них для процессов смешивания являются адсорбционно-диффузионные, скорость протекания которых зависит от подвижности частиц минеральных компонентов, величины ак-

тивной межфазной поверхности, дисперсности вяжущего, технологических особенностей процесса и других факторов.

Рассматриваемые смеси относятся к коагуляционным структурам, в которых сцепление частиц дисперсной фазы происходит через тонкие прослойки сольватных (гидратных) оболочек, образующихся из молекул дисперсионной среды. Формирование сольватных оболочек приводит к образованию пространственных структур, обладающих физико-механическими свойствами с высокими значениями сдвиговой прочности, вязкости, модуля упругости, времени релаксации. Первые два значения существенно затрудняют процесс смешивания, целью которого является равномерное распределение минеральных компонентов и вяжущего по объему замеса.

Максимальная прочность коагуляционной структуры будет получена в том случае, когда, с одной стороны, вокруг каждой частицы будет существовать сольватная (гидратная) оболочка и, с другой – все частицы будут равномерно распределены в смеси.

Эти задачи могут быть успешно решены при двухстадийном смешивании, предложенном еще в 30-е годы В.А. Бауманом:

- при смешивании сухих компонентов;
- смешивании полуфабриката смеси с вяжущим.

Необходимость двухстадийного смешивания вызвана следующими причинами. Строительные смеси, как известно, состоят из частиц, размеры которых колеблются от 0,001 до 20 мм и более. Равномерное распределение мелких частиц по объему возможно только в сухом состоянии, когда силы сцепления между ними минимальны. В то же время эти частицы обеспечивают высокую прочность структуры за счет большой суммарной поверхности входящих в смесь заполнителей. Если эти частицы не будут равномерно распределены в смеси, то образующиеся микро- и макродефекты ухудшат ее физико-механические свойства.

Эти положения, выдвинутые академиком П.А. Ребиндером и его школой, положены в основу разработки технологии процессов смешивания и конструкций смесителей. Задача совершенствования последних состоит в том, чтобы при воздействии на смесь рабочих органов получить гидродинамические потоки с высоко-развитой турбулентностью и обеспечить при этом минимальные

по величине вязкость и предельное напряжение сдвига, так как они определяют энергетические затраты на смешивание. Для ее решения используют следующие способы:

- псевдооживление;
- виброперемешивание;
- диспергированный ввод вяжущего в камеру смешивания;
- применение поверхностно-активных веществ;

Ниже эти способы рассматриваются подробнее и дается анализ технологии приготовления дорожно-строительных смесей.

Благоприятные условия осуществления различных гетерогенных процессов в псевдооживленном слое, создаваемом путем продувки оживающего агента через слой дисперсной фазы, обусловлены следующими его основными свойствами [20, 21]: смешиванием дисперсного материала по всему объему аппарата, его подвижностью и текучестью, а также большой удельной поверхностью взаимодействия частиц кипящего материала с оживающей средой. Однако псевдооживленный слой не является универсальным и имеет ряд существенных недостатков. Один из них заключается в том, что для создания кипящего слоя необходимы вполне определенные скорости газа и жидкости, которые в большинстве случаев являются далеко не оптимальными для хода физико-химического процесса и не дают возможности работать с материалом широкого гранулометрического состава. Также не представляется возможным достижение однородного предельного разрушения структуры кипящего материала путем повышения расхода газа из-за образования локальных пробоев слоя газовым потоком, большого уноса частиц и других причин.

С точки зрения создания оптимального динамического состояния смеси на всех стадиях смешивания наиболее эффективным является способ, основанный на применении вибрации. Вибросмешивание позволяет эффективно применять двухстадийное смешивание материалов. На первой стадии – смешивание сухих компонентов – под действием вибрации в смесителе возникает виброкипящий слой, который по сравнению с псевдооживленным имеет следующие преимущества: обеспечивает предельное разрушение структуры материала и, следовательно, более качественное смешивание, позволяет использовать материалы широкого гранулометри-

ческого состава, имеет меньшие энергетические затраты на осуществление процесса вследствие отсутствия аппаратуры для подачи оживающего агента и т.п. На второй стадии – смешивание полуфабриката смеси с вязущим – под действием вибрации происходят тиксотропные превращения либо разжижения, что приводит к снижению вязкости системы. Последнее обеспечивает сокращение времени смешивания, повышение однородности смеси и при правильной конструкции смесителя улучшение технико-экономических показателей.

Обширные исследования, касающиеся создания виброкипящего слоя, его гидродинамики и структуры, тепло- и массообмена и др., выполнены в ИФХ АН СССР, а также в коллективах, возглавляемых В.А. Белым, А.С. Гинзбургом, В.В. Жуковым, С.С. Забродским, Н.В. Михайловым, П.Ф. Овчинниковым, Н.И. Сыромятниковым и другими отечественными и зарубежными учеными.

Анализ результатов многочисленных исследований показывает, что свойства виброкипящего материала обуславливаются двойственностью вибрационных воздействий на дисперсную систему – на газовую среду, в которой находится материал, и на частицы самого материала. Подвижность и перемешивание частиц твердой фазы, гидродинамические особенности ее турбулизации определяются движением газа внутри слоя материала и параметрами вибраций. Попеременно возникающие давления и разрежения дополнительно к вибрационным воздействиям вызывают отрыв частиц друг от друга и их циркуляцию и способствуют интенсификации процесса смешивания.

Величина параметров вибраций, при которой наступает активное перемешивание компонентов твердой фазы, зависит от гранулометрического состава и формы частиц, воздухопроницаемости и высоты слоя, влажности материала, коэффициента трения между частицами и других физико-механических свойств материала. В частности, увеличение влажности сыпучего материала повышает силы поверхностного взаимодействия частиц. В этом случае при недостаточной интенсивности вибраций наблюдается гранулообразование и раскалывание слоя. Совместное действие вибраций и динамических давлений газа способно разрушить сцепление между частицами в смесях с высоковязким связующим. Например, иссле-

дованиями Л.А. Файтельсона установлено, что создание виброкипящего слоя в бетонной смеси вызывает разрыв связей, расширение слоя и в результате взаимного перемещения частиц хорошую гомогенизацию смеси.

Возможность создания виброкипящего слоя высоковязких дисперсных систем обусловлена типом пространственных структур.

Структуры, возникающие в дисперсных системах, можно разделить на коагуляционные, конденсационно-кристаллизационные и кристаллизационные. В начальной стадии структурообразования (на стадии смешивания) асфальтобетонных, цементобетонных, битумоминеральных и других смесей образуются коагуляционные структуры, специфическим свойством которых является тиксотропия – изотермический обратимый переход структурированной системы в бесструктурную или малоструктурированную при механических воздействиях [22].

Вибрационное разрушение, например, асфальтобетонных смесей может быть объяснено следующим образом. При вибрировании системы минеральные зерна приводятся в колебательное движение, которое создает градиенты скоростей, зависящие от массы зерен, амплитуды и частоты колебаний, толщины битумной прослойки в местах контактов, структурно-механических свойств этих прослоек. Градиенты скоростей сдвига и объемные деформации переводят связанный битум в свободное состояние, а также вызывают тиксотропное его разжижение. Степень понижения эффективной вязкости определяется продолжительностью и параметрами вибрационного воздействия, структурированностью битума и его содержанием в смеси.

По данным С.К. Носкова и Н.В. Михайлова, вибрирование асфальтобетонных смесей уничтожает их условный предел текучести и значительно (в 100 и более раз) понижает вязкость, отчего система приобретает свойства жидкости. С возрастанием количества крупных зерен в единице объема и увеличением их размера происходит большее понижение вязкости. После прекращения вибрационных воздействий вязкость и предел текучести материала тиксотропно восстанавливаются.

На процесс структурообразования дорожно-строительных смесей также оказывают влияние адсорбирующиеся на поверхности частиц поверхностно-активные вещества. По данным работ Н.Б. Урьева, Н.В. Михайлова и П.А. Ребиндера [22, 23], введение поверхностно-активных веществ в сочетании с вибрацией приводит к существенному повышению скорости и степени вибрационного разрушения структуры и замедлению скорости тиксотропного восстановления после прекращения действия вибраций, а также к значительному снижению удельной мощности вибрационных воздействий.

Наряду с вибрацией, важным фактором, влияющим на характер протекания процесса перемешивания, является способ подачи вяжущего, который определяет граничные условия, например площадь поверхности при взаимодействии вводимого вяжущего с минеральным материалом.

В настоящее время известны три способа подачи вяжущего в рабочую камеру смесителя: путем свободного истечения через систему отверстий; тонкими струями через систему отверстий под давлением 600 кПа; посредством распыления форсунками под давлением до 2 000 кПа.

В нашей стране наибольшее распространение получил второй способ подачи вяжущего, который применяется в лопастных смесителях принудительного смешивания. Основным недостатком этого способа является локальный характер взаимодействия вяжущего с минеральным материалом, что способствует образованию неоднородной структуры перемешиваемой смеси, комкованию минерального порошка.

Способ подачи вяжущего в мелкодисперсном состоянии впервые применен в США и ФРГ в установках турбулентного смешивания. Отечественными учеными был предложен диспергированный способ подачи воды при смешивании подвижных фракций в струйном смесителе; во Франции – в смесителях для приготовления штукатурных известковых растворов; в Англии – в устройстве для смешивания и подачи цементного раствора. Влияние способа ввода битума на качество асфальтобетонной смеси исследовалось в НИИСтройдормаше.

Целесообразность подачи вяжущего посредством форсунок имеет некоторые преимущества. Во-первых, данный способ позволяет существенно увеличить поверхность взаимодействия вяжущего с минеральными компонентами и, следовательно, ускорить процессы адсорбции и диффузии, сократить время смешивания. Во-вторых, высокая дисперсность и равномерное распределение вяжущего по сечению факела исключают возможность локального обволакивания вяжущим групп частиц, быстрого изменения гидродинамических свойств смеси и возрастания сил взаимодействия между частицами смешиваемого материала.

Отмеченные явления способствуют в начальной стадии смешивания значительному снижению образования в смеси неоднородных микро- и макрообъемов, на разрушение которых в процессе смешивания расходуется дополнительная энергия и время.

Таким образом, наиболее целесообразным технологическим приемом приготовления дорожно-строительных смесей, обеспечивающим высокую интенсивность и эффективность процесса, является совмещение вибрационного воздействия с диспергированной подачей вяжущего в камеру смешивания и введением в смесь поверхностно-активных веществ.

7.3.2. Классификация вибросмесительных машин, их устройство и принцип работы

В настоящее время известны разнообразные конструкции вибрационных смесителей. Достаточно подробное описание их дано в работах К.И. Королева, Г.Я. Гунноса, А.Д. Лесина и других авторов [24], а также в патентно-лицензионных источниках. Несмотря на многообразие вибрационных смесителей, по конструктивным особенностям и способу перемешивания их можно разделить на три основные группы:

1) смесители, в которых процесс смешивания происходит только за счет самоциркуляции смеси, возникающей в результате колебаний корпуса и отдельных элементов (каркасов);

2) смесители, в которых принудительное смешивание сочетается с вибрационным воздействием на смесь через корпус, лопастной вал либо встроенный элемент конструкции;

3) смесители, в которых происходит свободное смешивание фракций с одновременным вибрационным воздействием через корпус либо встроенный элемент конструкции.

По принципу действия вибросмесители подразделяются на циклические и непрерывные. В качестве возбудителей колебаний используются чаще всего механические, реже – электромагнитные и пневматические вибраторы. В зависимости от конструкции вибрационного механизма колеблющийся орган смесителя совершает круговые (эллиптические) либо направленные колебания. Классификация вибросмесителей представлена на рис. 7.16.

Анализ работы вибросмесителей различного типа показывает, что долговечность и надежность их зависят от прочности соединительных элементов, муфт, подшипниковых узлов и конструкций упругих связей.

Упругие связи в вибромашинах используются для создания опоры, обеспечивающей перемещение рабочего органа по заданной траектории, а также для разгрузки привода и фундамента от динамических нагрузок. В качестве упругих связей используют металлические пружины или резиновые амортизаторы. В ряде случаев применяют комбинированные резинометаллические конструкции.

К типовым недостаткам промышленных образцов вибросмесителей можно отнести: наличие больших колеблющихся масс, вызывающих значительные динамические нагрузки; низкую надежность элементов привода рабочих органов; большую энергоемкость процесса перемешивания; малую производительность.

Остановившись на типовых недостатках вибросмесителей, было бы неправильным оставить без внимания положительные особенности отдельных конструкций. Так, например, конструкцией вибрационного смесителя ВНИИстройдормаша [15] предусмотрена балансировка корпуса путем установки противовесов, что позволило значительно уменьшить динамические нагрузки на фундамент и привод. В некоторых конструкциях смесителей создается зона активного вибрирования за счет установки отдельных вибровозбудителей. Смесь, проходя через такую зону, разжижается, что облегчает процесс ее смешивания. Малые колеблющиеся массы вибраторов снижают динамические нагрузки на конструкцию смесителя.

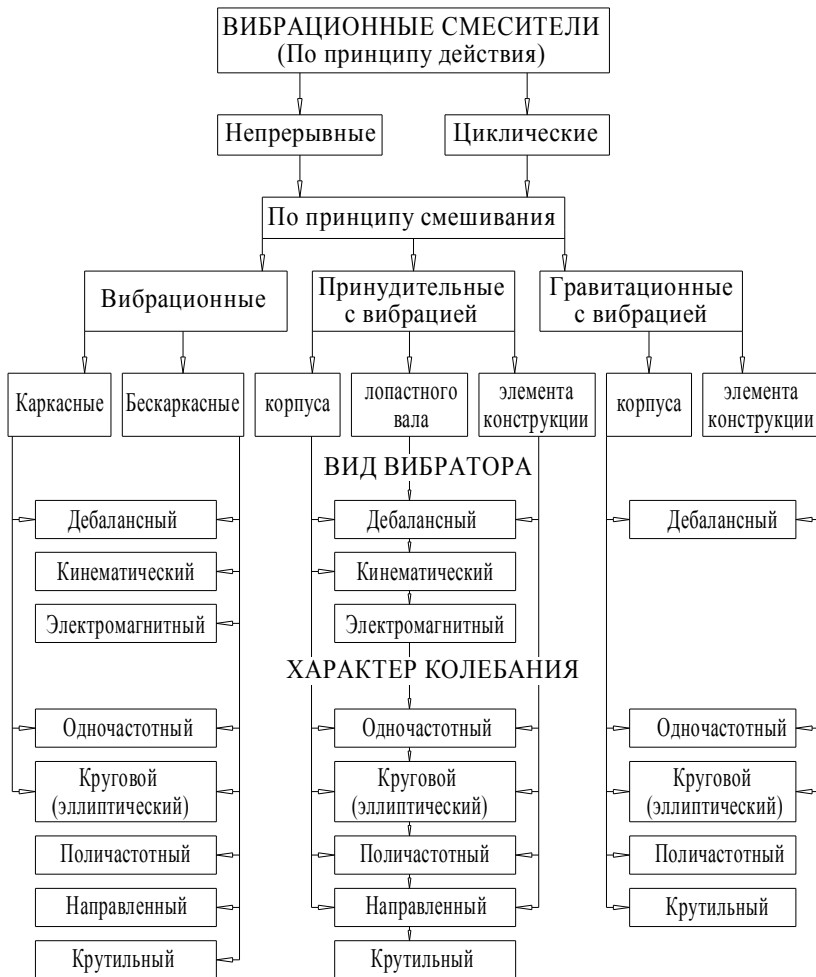


Рис. 7.16. Классификация вибросмесителей

Контрольные вопросы

1. Перечислите оборудование для производства бетона и асфальтобетона.
2. Опишите принцип работы вибросмесителей.
3. Какова классификация вибросмесителей?
4. Какова классификация смесителей по характеру работы?
5. Для жестких или подвижных смесей предпочтительнее использовать гравитационные смесители?
6. Назовите основные преимущества и недостатки смесителей принудительного действия и гравитационных.
7. Какой крупностью заполнителя ограничивается возможность применения смесителей принудительного действия?
8. В каких смесителях себестоимость приготовления бетонной смеси ниже – гравитационных или принудительного действия?

8. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АКТИВАЦИИ СЫРЬЯ И ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для повышения качества керамических изделий разработан ряд способов управления механическими и физико-химическими свойствами глинистых дисперсных систем, конечной целью которых является разрушение их природной структуры. Процессы направленного структурообразования в таких системах возможны лишь в условиях непрерывного разрушения структур с обратимыми (по прочности) контактами между частицами дисперсной фазы. Изменение энергетического состояния вещества при этом принято называть активацией [29]. Данный процесс возможен при использовании дробильно-сортировочного оборудования и применении корректирующих добавок.

8.1. Классификация способов активации сырья

Современное научное направление в области изучения и использования тонкодисперсных систем и физико-механических процессов, обусловленных диспергированием, создано трудами В.В. Болдырева, Б.В. Дерягина, П.А. Ребиндера и др.

Для улучшения качества глинистых пород применяют различные технологические и физико-химические методы воздействия на них, как-то:

- механическая дезагрегация (активация) сырья;
- пластическая переработка глинистых дисперсий; вылеживание предварительно переработанной массы;
- паропрогрев массы;
- вакуумирование формовочной массы;
- обработка гидрофильными и гидрофобными ПАВ;
- ионный обмен на поверхности частиц глинистых минералов;
- дегидратация;
- ультразвуковое диспергирование;
- электроимпульсная обработка в водной среде.

Наиболее полная классификация способов активации сырья разработана Г.И. Стороженко [30].

В технологии стеновой и строительной керамики известны следующие способы активации глинистого сырья в зависимости от характера воздействия на него:

- механический,
- химический,
- биологический,
- физический,
- комплексный.

Процесс активации с термодинамической точки зрения определяется как изменение свободной энергии материала:

$$\Delta f = \Delta(ES) + \Delta e, \quad (8.1)$$

где f – свободная энергия; E – удельная поверхностная энергия; S – величина поверхности; e – энергия решетки кристалла.

Из уравнения следует, что при активации материала изменения происходят не только на поверхности, но и в объеме частиц продукта. Управлять технологическими свойствами глинистого сырья можно различными путями: увеличивая или уменьшая дисперсность частиц, изменяя характер контактов и их распределение в системе и преобразуя кристаллическую структуру глинистых и других пороодообразующих минералов.

Основной теоретической предпосылкой разрабатываемых методов активации глинистых пород является положение о том, что мелкораздробленные и разрушенные в результате активации твердые тела, обладающие большим избытком свободной энергии, стремясь уменьшить ее самопроизвольно, агрегируют или коалесцируют.

В случае полидисперсных систем наблюдается прилипание мелких частиц к более крупным разной природы. Управление этим процессом может позволить создать материал с заранее заданными свойствами.

При механической активации для разрушения природной структуры и улучшения керамико-технологических свойств глинистого сырья и добавок применяют следующие способы измельчения: «свободный» удар [дезинтегратор, молотковая дробилка (раздел 1.2), шахтная мельница (раздел 3)]; «стесненный» удар [шаровая и стержневая мельницы (раздел 3)]; сжатие [валковая дробилка (раздел 1.2)]; сжатие со сдвигом [бегуны (табл. П.5.29)].

В зависимости от воздействия на сырье методы механического диспергирования можно разделить на три группы:

- механическая активация сырья в агрегатах с удельной энергонапряженностью от 3,8 до 18,2 кВт/т: в дезинтеграторах, валковых, молотковых и конусных дробилках (табл. 8.1);
- механотермическая активация в агрегатах с удельной энергонапряженностью 7,5...16,0 кВт/т;
- механохимическая активация.

Чаще всего перед помолом требуется дробление и подсушка сырья, а его измельчение может обеспечить дисперсность частиц менее 0,5 мм до 50 %. Такой помол эффективен для устранения вредного влияния карбонатов, если их массовая доля не превышает 5 %.

Работа дезинтеграторов (П. 5.28) и молотковых дробилок (раздел 1.2) приводит к большому пылеобразованию, шахтная молотковая мельница (раздел 2.3) требует высокого расхода электроэнергии.

При *механической активации* не наблюдается глубоких изменений структуры и химического состояния вещества. В процессе помола в основном происходит незначительная поверхностная аморфизация минеральных зерен, а сырье аккумулирует часть приложенной механической энергии и становится более реакционно-способным.

Ко второй группе активационного диспергирования можно отнести *механотермическую активацию* в агрегатах, где одновременно происходит сушка сырья до влажности 2...3 % и его измельчение до дисперсности менее 0,08 мм. Такой помол реализуется в агрегатах с удельной энергонапряженностью 7,5...16,0 кВт/т с использованием теплоносителя температурой 200...400 °С: в тангенциальных молотковых мельницах, измельчительно-сушильном агрегате ИСА, установках Spin-flash и др. Их технические характеристики приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.1

Агрегаты для механоактивации сырья

Показатели	Дезинтегратор Д-1350	Дробилки		
		Валковая ДГ-1000*550	Молотковая ДСА-1	Конусная КСД-900
Назначение	Измельчение глинистого сырья с прочностью при сжатии до 5 МПа	Мелкое дробление прочных и абразивных материалов	Мелкое дробление плотного глинистого сырья	Среднее и мелкое дробление плотного глинистого сырья
Способ измельчения	Свободный удар	Сжатие	Свободный удар	Сжатие
Производительность, т/ч	До 25	11...25	До 30	400...600
Влажность, %, поступающего сырья готового порошка	8...10 8...10	До 2 До 2	До 8 До 8	До 6 До 6
Размер частиц, мм, поступающего сырья готового порошка	0...40 0...7	0...50 0...4	0...50 0...10	До 120 0...10

Опыт промышленной эксплуатации данных агрегатов показывает, что механотермическая активация снижает чувствительность сырья к сушке на 25...40 % (за счет его частичной дегидратации) и устраняет вредное влияние карбонатов при содержании СаО в суглинках до 20 %.

К последствиям механотермической активации можно отнести увеличение степени аморфизации минералов и дефектов их структуры. Наибольшей деструкции подвергаются глинистые минералы, хлорит, кальцит. При обработке сырья в агрегатах вихревого типа (ИСА-10, "Spin-flash" и др.) происходит трибозарядка частиц разными знаками за счет трения (кварц – положительно; глинистые, полевошпатные, железистые минералы – отрицательно), следствием чего является образование гетероминеральных агломератов по типу «оболочка-ядро».

К третьей группе активации следует отнести *механохимическую активацию*, которая приводит к глубоким изменениям структуры и фазового состава вещества. Она достигается в агрегатах с очень высокой энергонапряженностью, порядка 100...250 кВт/т: в атриторах, струйных и планетарных мельницах, установках "Novovor" (Германия). Степень помола в них достигает величин порядка 0,01...0,005 мм.

Установлено, что механохимическая активация сырья приводит к увеличению числа пластичности на 25...40 %, снижению огнеупорности на 50...120 °С, к переходу сырья из группы неспекающегося в группу среднеспекающегося, полностью устраняет вредное влияние карбонатов. За счет существенного увеличения удельной поверхности сырья (5 000–6 000 см²/г) температура обжига керамических изделий снижается на 60...90 °С [29].

Одним из основных и наиболее распространенных методов регулирования структурно-механических свойств минеральных дисперсий, в том числе и глинистых, является их *химическая активация*, заключающаяся в том, что в дисперсионную среду вводятся поверхностно-активные вещества, электролиты или водорастворимые полимеры – универсальные регуляторы свойств технических дисперсий.

Практический опыт химической активации суглинков с помощью ЛСТ (МЛСТ) показывает, что их использование улучшает

не только реологические и сушильные свойства масс, но и качество обожженных изделий: марка кирпича повышается на 1...2 единицы. Кроме поверхностно-активных веществ в технологии производства керамических изделий широко используются электролиты, щелоче- и кислотосодержащие добавки-отходы.

Таблица 8.2

Техническая характеристика агрегатов для механической и механотермической активации глинистого сырья

Показатели	Мельницы			Измельчительно-сушильный агрегат ИСА-10
	Стержневая МСМ 2,7×3,6	Шаровая ШБМ 320/570	Молотковая ММТ 1300/2030/735 МН	
Назначение	Грубое и среднее измельчение плотного глинистого сырья	Среднее и тонкое измельчение глинистого сырья	Грубое и среднее измельчение глинистого сырья	Среднее и тонкое измельчение глинистого сырья
Способ измельчения	Стеснённый удар	Стеснённый удар	Свободный удар	Свободный удар
Производительность, т/ч	20...50	До 25	До 16	До 10
Мощность главного привода, кВт	400	800	250	75
Влажность поступающего сырья, %	До 20	До 20	До 26	До 25
Влажность готового порошка, %	До 6	До 6	5...14	2...3
Размер частиц, мм, поступающего сырья (и готового порошка)	0...50 (0...5)	0...50 (0,01)	0...150 (0,25...3,00)	0...20 (0...0,3)
Расход тепла на сушку, кДж/кг испаряемой влаги	4 180	4 180	3 690	3 500

В нашей стране накоплен опыт применения химических методов активации глинистого сырья в производстве керамических материалов.

Одним из методов регулирования свойств грунтов, в том числе глинистого сырья, является *биологическая активация* путем использования жизнедеятельности бактерий, участвующих в разложении органических веществ и разрушении глинистых минералов.

В наибольшей степени воздействию бактерий подвергается монтмориллонит (разрушается 62,3 % массы исходного минерала, переходит в раствор 48,9 %), гидрослюда (соответственно 38,1 и 29,6 %) и каолинит (33,4 и 23,1 %). Кварц практически не разрушается.

Разрушение и растворение минералов силикатными бактериями связывают с действием выделяемых ими органических кислот, катализируемых ферментами. Водорастворимые соединения, образующиеся под воздействием бактерий на минералы, проявляют себя в комплексе как поверхностно-активные вещества.

При обработке глин силикатными бактериями их свойства существенно меняются: в 1,2...1,5 раза увеличивается удельная поверхность; в 1,7...2,1 раза – емкость поглощения; в 1,1...1,2 раза – связующая способность. Повышение концентрации штамма 4 (Г-2) с 0,01 до 0,5 % приводит к повышению числа пластичности для умеренно пластичного сырья на 40...50 % [29].

Практический опыт использования биологических методов активации глинистого сырья показал их высокую эффективность за счет повышения качества шихты, снижения топливно-энергетических затрат при изготовлении изделий и улучшения физико-механических свойств керамического черепка.

Распространенным способом *физической активации* глинистого сырья является вылеживание, когда добытая летом глина складывается в бурты шириной 1,5...2,0 м, высотой 0,75...1,0 м и заливается водой. В течение 3...4 лет глинистая порода подвергается воздействию природных факторов, включая замораживание и оттаивание, увлажнение и высушивание. Изменение структуры природного сырья и его реологических свойств при этом происходит за счет адсорбционного понижения прочности.

Адсорбционное понижение прочности заключается в развитии разнообразных дефектов, которые имеются у всех твердых тел. Наличие микротрещин позволяет жидкости проникать в поверхностный слой материала и образовывать в трещинах тончайшие пленки, обладающие значительным избытком свободной энергии, возрастающей с уменьшением толщины пленки. Чтобы сократить свободную энергию, пленка жидкости стремится к «утолщению» в микротрещине, оказывая расклинивающее давление (по Б.В. Дерягину) на ее стенки.

Кинетика всасывания зависит от вязкости жидкости, поэтому для интенсификации процесса разрушения следует добавлять ПАВ или электролиты. Для каждого минерала существуют свои наиболее эффективные добавки: для кварца – $AlCl_3$, $NaCl$, $MgCl_2$, нефтяное мыло; для глинистых минералов – $NaCl$.

Физическая активация сырья вылеживанием улучшает технологические свойства сырья, но не обеспечивает удаления каменистых и карбонатных включений, не эффективна при плотных и вязких глинистых породах, требует больших площадей и времени.

К физическим способам активации можно отнести также методы, которые в настоящее время выполнены только на уровне лабораторных исследований: обработка дисперсий высоковольтным импульсным разрядом, магнитная обработка воды затворения, использование ультразвука и др.

В технологии полусухого прессования керамических изделий для приготовления пресс-масс из активированных порошков целесообразно использовать грануляторы (табл. П.5.25). Практический опыт показывает, что гранулированные порошки обладают большей сыпучестью (угол естественного откоса $25...30^\circ$) и лучшей формуемостью (коэффициент сжимаемости > 2), не слеживаются в бункерах.

Гранулы, полученные на различных типах грануляторов, характеризуются специфическими физико-механическими свойствами, что позволяет формировать из них не только керамический кирпич, но и черепицу, плитку для пола и другие изделия. Использование процессов гранулирования способствуют решению многих проблем, в том числе проблем совершенствования технологии,

экономии сырья, качества сырца, полуфабриката или конечного продукта или полупродукта (сырца), экологии производства.

Способы грануляции активированного сырья определяются типом применяемого оборудования. На тарельчатых грануляторах получают гранулы шарообразной формы, средний размер которых колеблется в диапазоне от 1 до 20 мм. Влажность получаемых пресс-масс составляет 13...15 %.

Турболопастные грануляторы предназначены для гранулирования и смешивания порошкообразных масс с возможным введением жидких добавок (ПАВ, электролитов) и получения гранулированного продукта в виде «крупки» размером 0...2 мм с высокой степенью влажностной однородности. Влажность пресс-массы – 10...12 %.

Для производства изделий строительной керамики обычно используют шнековый гранулятор, на котором получают гранулы высокой плотности (1,7...1,8 г/см³) в виде цилиндров одинаковой длины и диаметром 0,8...1,5 мм.

8.2. Техничко-экономический анализ способов активации

Метод активации (технология переработки) зависит от качества сырья. В каждом конкретном случае при выборе тех или иных способов активации глинистого сырья необходимо производить оценку структурообразующей способности глинистых дисперсий, приобретенной в результате активации сырья; энергозатрат по традиционной и новой технологии, предусматривающей активацию; степени повышения качества продукции и возможности получения новых видов изделий с использованием активированного сырья.

Использование струйной мельницы для переработки метаморфизированного сырья дает возможность получать эффективные изделия с пустотностью до 30 % марки 250. Однако при этом энергозатраты на измельчение по сравнению с дезинтегратором возрастают в 3...4 раза. Поэтому решение задачи оптимизации экономических показателей производства привело к разработке технологии, в которой 30 % глинистого сырья активируется в струйной мельнице и применяется в качестве добавки в основную шихту. В результате чего получается пустотелый кирпич марок 125...150 [30].

Использование механоактивации сырья более целесообразно при полусухом прессовании (см. табл. П.5.16–П.5.19 и П.5.30 – прессы) изделий. В этом случае, наряду с высоким качеством продукции, энергоёмкость производства ниже на 5...10 % технологии пластического формования.

Приведённые на 1 000 штук усл. кирпича энергозатраты в кДж по отдельным технологическим пределам

Переработка:	
в вальцах грубого помола.....	$3,88 \times 10^3$
в вальцах тонкого помола.....	$3,66 \times 10^4$
Паропрогрев массы (40...50 г/кг глины).....	$4,66 \times 10^5$
Вакуумирование массы.....	$3,60 \times 10^3$
Вылёживание массы.....	$1,98 \times 10^3$
Сушка в барабанном сушиле с 20 до 10 %.....	$1,66 \times 10^6$
Измельчение в дезинтеграторе.....	$2,16 \times 10^5$
Сушка в шахтной молотковой мельнице с 20 до 10 %..	$1,41 \times 10^6$
Механоактивация в шахтной молотковой мельнице.....	$3,8...6,0 \times 10^5$
Сушка в измельчительно-сушильном агрегате ИСА-10 с 20 до 2 % влажности.....	$1,28 \times 10^6$
Механоактивация в ИСА-10.....	$2,6...3,0 \times 10^5$
Механоактивация в струйной машине.....	$7,2...10 \times 10^3$
Подсушка шликера в башенной распылительной сушилке от 100 до 12 % влажности.....	$10,56 \times 10^6$
Формование кирпича:	
пластическое (СМК-28А).....	$6,55 \times 10^4$
полусухое (СМ-301).....	$1,84 \times 10^4$
Сушка сырца в туннельных сушилках с 20 до 6 % влажности.....	$4,11 \times 10^6$
Обжиг полнотелого кирпича в туннельной печи.....	$3,28 \times 10^6$
Снижение энергозатрат при переходе на выпуск пустотелых изделий (пустотность 25 %).....	$1,51 \times 10^6$

Из приведенных энергозатрат видно, что при производстве изделий с пустотностью 30...35 % энергозатраты по сравнению

с полнотелым кирпичом на механоактивацию всего объема сырья в струйной мельнице компенсируются последующей экономией тепла при сушке и обжиге.

Расход тепла на подсушку сырья в шахтной молотковой мельнице (раздел 2.3) в процессе помола на 35,4 % меньше, чем на сушку изделий пластического формования в туннельной сушилке и на 9,7 % ниже, чем в сушильном барабане при подсушке сырья для полусухого прессования. Расход энергии в шахтной мельнице сопоставим с расходом тепла при паропрогреве массы для пластического формования. По общим энергозатратам наиболее экономична технология полусухого прессования кирпича с использованием ИСА-10 в качестве активационного оборудования

В ряде случаев при переработке (рыхлого глинистого) сырья, не содержащего вредных включений, нет необходимости в глубокой механоактивации 100 % сырья, можно использовать шихту, лишь частично (10...30 %) состоящую из активированного сырья.

Приведенный анализ показывает, что технологии с применением активации низкосортного сырья не являются энергетически убыточными, а в ряде случаев они менее энергоемки, чем традиционные. Их внедрение создает перспективы повышения качества изделий на две марки и более, а также производства прогрессивных видов изделий, которые не могут быть получены из низкосортного сырья по другим технологическим схемам.

Особо важное значение имеет выбор схемы измельчения в период реконструкции предприятий, а также строительства новых заводов с переходом на использование механоактивационного оборудования для обработки низкосортного сырья со значительным содержанием карбонатных включений. Здесь необходимо, наряду с энергетическими показателями, оценивать и последствия активации.

При использовании других методов активации сырья в каждом конкретном случае необходимо производить оценку стоимости добавок, дополнительных устройств дозирования, ультразвукового или другого активационного оборудования и осуществлять сравнение затрат с получаемым эффектом.

Рассмотренные способы активации глинистого сырья оказывают специфическое воздействие на их технологические свойства.

Они приводят к глубокому разрушению природной структуры глинистых пород, изменениям структуры породообразующих минералов, накоплению всевозможных дефектов кристаллов и зерен. В результате ударной обработки материала при его механической активации температура обжига изделий снижается на 60...90 °С и ускоряется сам процесс обжига на 45 %.

Применение активационных методов переработки исходного сырья дает возможность повысить марку изделий, выпускать эффективный и лицевой кирпич из запесоченных, малопластичных глинистых пород, из лессовидных суглинков с высоким содержанием карбонатных включений (СаО до 20 %).

Использование наряду с активационным диспергированием прогрессивных способов получения пресс-масс при полусухом прессовании (грануляция) позволяет получать лицевой кирпич, черепицу и другие изделия строительной керамики из низкосортного сырья, что невозможно при традиционных технологиях.

Экономическая целесообразность новых технологий с использованием активации исходных глинистых пород определяется повышением качества продукции и экономией материальных и энергетических ресурсов при переходе на выпуск пустотелых и эффективных изделий [32].

8.3. Особенности технологии при использовании корректирующих добавок

Добавки в шихту по своему преобладающему влиянию могут быть условно разделены на следующие группы:

- пластификаторы, улучшающие формовочные свойства керамической массы (лигносульфанат технический, триэтаноламин и т.д.);
- отошители, уменьшающие усадку, улучшающие сушильные свойства керамической массы, а в ряде случаев снижающие ее влажность (песок, отходы керамзитового и аглопоритового производства);
- плавни, снижающие температуру обжига керамических изделий, повышающие их прочность и в большинстве случаев – мо-

розостойкость (отходы металлургической и химической промышленности);

- добавки, регулирующие цвет обожженного черепка и предотвращающие выцветы на поверхности кирпича (мел, марганцевая руда, соли бария и др.);

- топливосодержащие добавки, основное назначение которых заключается в снижении расхода технологического топлива при производстве керамических изделий и повышении качества последних (отходы угледобычи и углеобогащения, негорелые шахтные породы).

В большинстве случаев введение в шихту добавок, в том числе и промышленных отходов, оказывает комплексное действие.

Эффективность применения различных добавок зависит от свойств основного сырья и качества их подготовки, в основном от их гранулометрического состава и равномерности распределения в шихте.

При использовании любых добавок обязательными условиями являются:

- соблюдение гранулометрического состава,
- точность дозировки,
- равномерное распределение добавок в шихте.

Некоторые материалы могут быть введены в состав шихты без дополнительной подготовки, например лигнин, пиритные огарки, отходы нефтеперегонных заводов, отходы обогащения асбеста и др.

Большая часть добавок требует дополнительной подготовки. Технологическая схема подготовки отходов зависит от их свойств и назначения, причем в качестве отошителя и топливосодержащего компонента (верхний предел крупности зерен не более 3 мм) возможна привязка выполненного Союзгипростромом проекта дробильно-помольного отделения, которое включает в себя следующее оборудование: приемный бункер, дробилку щековую (раздел 1.2), дробилку вертикальную молотковую (раздел 1.2), виброгрохот (раздел 1.4), бункера запаса добавки.

Для измельчения и сушки отходов углеобогащения можно использовать шахтную мельницу (раздел 3).

Для тонкого измельчения (менее 0,5 мм) добавок (пластификаторы, плавни) необходимо после предварительного грубого измельчения материала использовать шахтную или шаровую мельницу (раздел 3).

При подборе корректирующих добавок на действующем заводе помимо строительства дробильно-сортировочной установки может потребоваться соответствующая корректировка технологической линии подготовки и переработки массы, а в ряде случаев – изменение параметров сушки и обжига (например, при введении топливосодержащих, флюсующих компонентов).

Добавки, используемые в качестве пластификаторов и плавней, а также регулирующие цвет обожженного черепка и предотвращающие выцветы, целесообразно вводить в шихту в виде порошка с предельной крупностью зерен 0,5 мм, в виде раствора или суспензий (шликера).

Гранулометрический состав отощителей и топливосодержащих добавок зависит от свойств основного глинистого сырья. При использовании пластичных глин рекомендуется отощитель с максимальным размером зерен 3 мм, а топливосодержащая добавка – с максимальным размером зерен 2 мм.

Таблица 8.3

Предельное количество топливосодержащей добавки в шихте

Теплотворная способность отходов, ккал/кг	Максимально допустимое количество отходов в шихте, кг на 1 000 шт. усл. кирпича	Теплотворная способность отходов, ккал/кг	Максимально допустимое количество отходов в шихте, кг на 1 000 шт. усл. кирпича
800	1 000	1 400	580
900	890	1 500	535
1 000	800	1 600	500
1 100	725	1 700	470
1 200	665	1 800	445
1 300	615	1 900	420

При использовании запесоченных глин и суглинков, где роль крупного отощителя играет песок, рекомендуется топливосодержащую добавку (например, отходы углеобогащения) измельчать

до размера не более 0,5 мм, так как в этом случае проявляются её пластифицирующие свойства).

Предельное количество топливной добавки, содержащей более 10 % топлива, зависит не только от свойств глинистого сырья, но и от ее теплотворной способности и определяется с учетом содержания в шихте топлива не более 80 % от потребного на обжиг изделий (табл. 8.3).

Контрольные вопросы

1. Какова классификация способов активации по Г.И. Стороженко?
2. На какие методы подразделяется механоактивация сырья?
3. Какой способ активации эффективен для пород с высоким содержанием карбонатных включений?
4. Какие добавки вводят в глинистое сырье и какой при этом достигается эффект?
5. Как следует осуществлять подготовку добавок?

9. СКЛАДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

Бесперебойную ритмичную работу предприятий сборного железобетона можно обеспечить хорошей организацией складского хозяйства. На складах накапливаются запасы сырья и материалов, стоимость переработки которых составляет 20...45 % общей стоимости изготовления продукции, выпускаемой предприятием сборного железобетона.

Количество хранимых материалов на складах зависит от расстояния и способа доставки сырья. Например, при доставке водным транспортом запас хранимых материалов рассчитывают на весь период закрытия навигации.

Основные условия бесперебойной работы складов: обеспечение быстрой приемки, выгрузки, хранения и выдачи материалов; максимальная механизация всех операций; обеспечение предприятий необходимым запасом материалов; возможность отдельного хранения необходимого количества фракций заполнителей; внедрение автоматизации контроля и управления складским оборудованием; обеспечения качественной и количественной сохранности материалов; подогрев материалов в условиях отрицательных температур; рациональное размещение оборудования и подъездных путей.

В зависимости от свойств материалов и их ценности склады подразделяют на открытые, полузакрытые и закрытые. Так, заполнители (щебень, песок), как правило, хранят в закрытых складах, арматурную сталь и элементы металлургических профилей – в полузакрытых, цемент – только в закрытых. В закрытых помещениях легче организовать комплексную механизацию и автоматизацию складских операций.

9.1. Склады цемента

На предприятия по выпуску сборного железобетона цемент доставляют железнодорожным транспортом в специальных вагонах – цементовозах с донной выгрузкой или в обычных крытых вагонах, в мешках, а также автоцементовозах.

Учитывая гигроскопичность цемента, складские емкости для его хранения выполняют герметичными в виде силосов, с тем чтобы обеспечить минимальный обмен воздуха при загрузке и выгрузке.

Силосные склады цемента сооружают по типовым проектам:

Диаметр железобетонных силосов, м.....3,6 и 12

Унифицированная высота, м.....10...30

Вместимость, т.....240; 360; 480; 720; 1100; 2500 и 4000

Наиболее распространены и рекомендуются к применению следующие типовые проекты:

№ проекта	Вместимость автоматизированного прирельсового склада цемента, т
409-29-61	360 / 240
409-29-63	720 / 480
409-29-65	1 700 / 1 100
409-29-66	4 000 / 2 500
409-29-62	360 / 240
409-29-64	720 / 480

9.1.1. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 360/240 т (типовой проект № 409-29-61)

На складе предусмотрена разгрузка цемента, доставляемого по железной дороге в крытых вагонах, специализированных вагонах бункерного типа, вагонах-цементовозах с пневмовыгрузкой (рис. 9.1–9.5).

Их специализированных вагонах бункерного типа цемент разгружается в приемный бункер вместимостью 30 т, откуда пневмоподъемником подается в силосы. Из крытых вагонов его разгружает пневморазгрузчик всасывающе-нагнетательного действия.

Вагоны с пневматической выгрузкой подключаются непосредственно к транспортному цементопроводу, по которому цемент поступает в силосы, откуда предусмотрена его выдача в бетоносмесительное отделение и на автотранспорт. Для выдачи цемента в бетоносмесительное отделение под силосами устанавливают пневморазгрузчики донной выгрузки, подающие цемент по трубопроводам в бункер выдачи, под которым находится пневмовин-

товой или камерный насос (винтовой конвейер). Предусмотрен также вариант выдачи цемента в бетоносмесительное отделение струйным насосом.

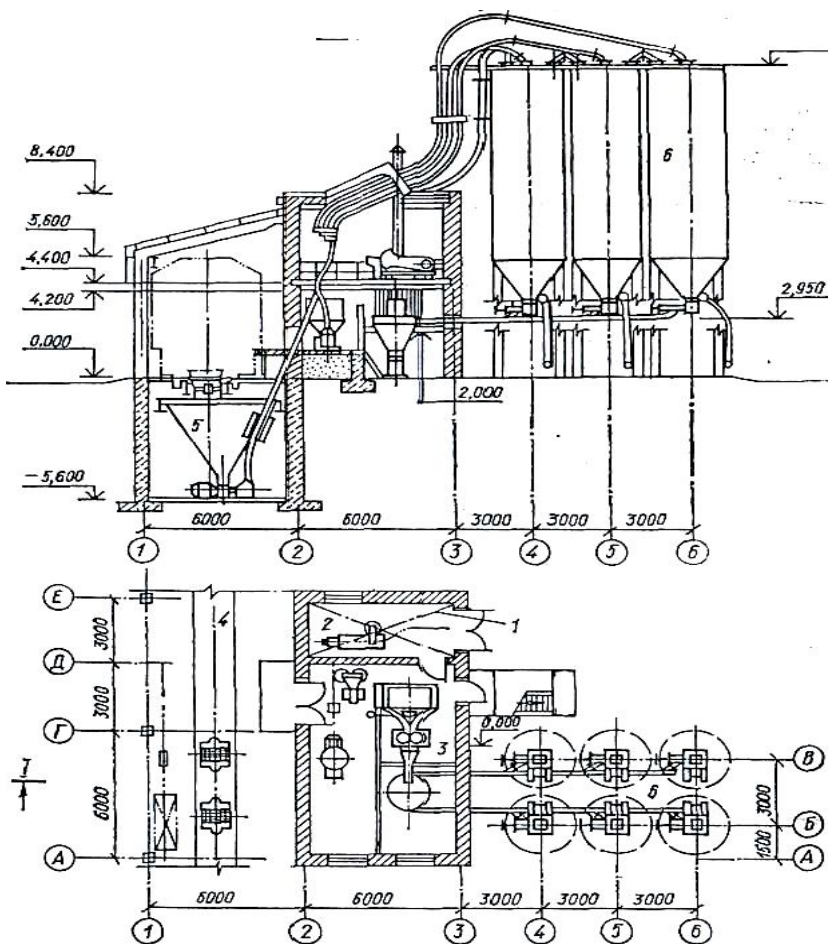


Рис. 9.1. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 360/240 т (вариант подачи цемента в БСУ пневмовинтовым насосом):

- 1 – пультовая на отм. 4.400 – 21 м²; 2 – помещение вакуум-насоса – 21 м²;
- 3 – помещение пневморазгрузчика и фильтра – 54 м²; 4 – навес – 72 м²;
- 5 – помещение пневмоподъемника (эрлифта) – 34 м²; 6 – силосы – 6/4 шт.

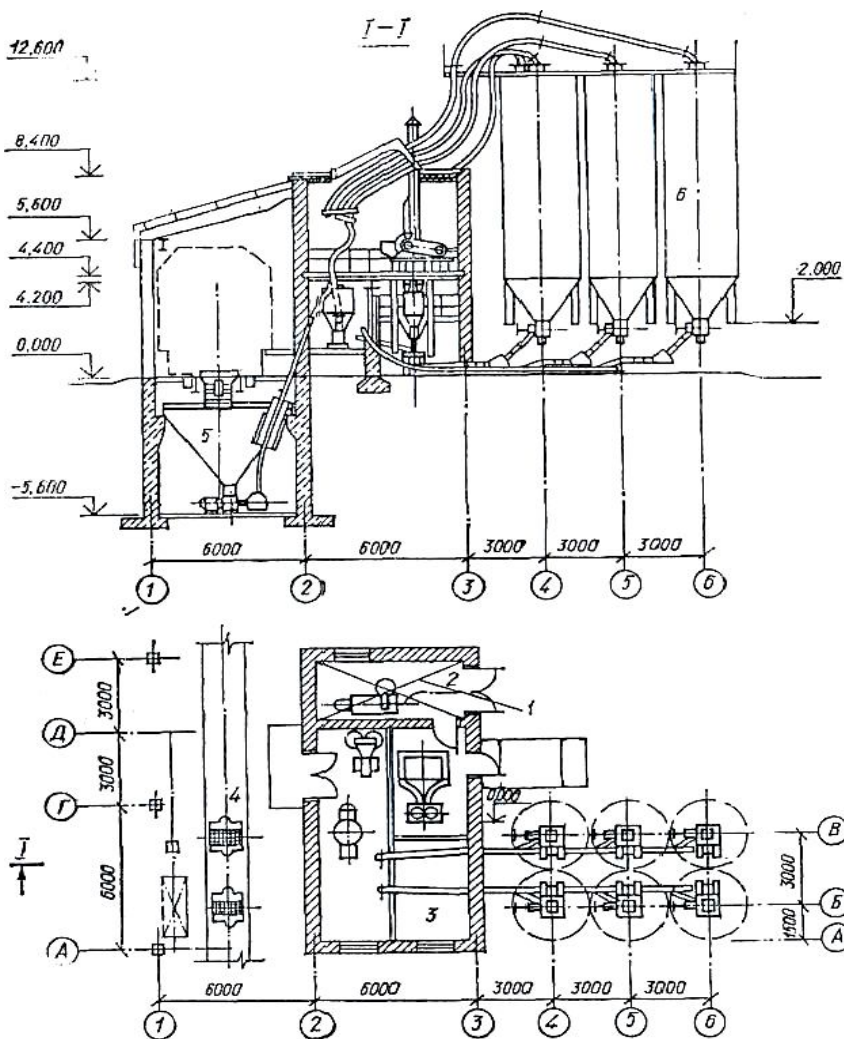


Рис. 9.2. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 360/240 т (вариант выдачи цемента в БСУ струйным насосом):
 1 – пультовая на отг. 4,400 – 21 м²; 2 – помещение вакуум-насоса – 21 м²;
 3 – помещение пневморазгрузчика и фильтра – 54 м²; 4 – навес – 72 м²;
 5 – помещение подъемника (эрлифта) – 34 м²; 6 – силосы – 6/4 шт.

Рассмотрим схему пневмотранспорта цемента (рис. 9.3). После разгрузки в приемное устройство цемент подается по аэрожелобу или шнеку в бункер 1, расположенный над камерным или винтовым питателем 2, который подает цемент по цементоводу 3 к силосам склада 4. Воздух, подаваемый вместе с цементом, удаляется через установленный над силосами циклон 5, и оседающий в нем цемент возвращается в силосы шнеком 6. Из силоса материал сборным шнеком или по аэрожелобу 7 подается в бункер винтового пневмопитателя 2а, с помощью которого цемент нагнетается в расходные бункера смесительного отделения. Перед выдачей в расходные бункера смесительного отделения цемент попадает в циклон 5, из которого цемент выгружается в расходный бункер 8. Воздух перед выпуском из циклона в атмосферу предварительно очищается матерчатыми фильтрами 9. Просасывание воздуха осуществляется при помощи вентилятора 10.

При аэрационно-пневматическом транспорте воздух подается в камеру через пористую перегородку, состоящую из 6...8 слоев технической ткани. При этом происходит интенсивное аэрирование цемента тонкими струями воздуха и превращение его в текучую и весьма подвижную смесь. Так как давление воздуха, подаваемого в смесительную камеру более высокое, чем требуется для одного лишь аэрирования цемента, аэросмесь под действием этого давления перемещается по цементопроводу.

Аэрационно-пневматические установки производительностью 30, 40, 60 и 100 т/ч позволяют транспортировать цемент на высоту до 25...30 м или по горизонтали до 100...200 м.

Для выдачи цемента в автоцементовозы с самозагрузкой в нижней части днища предусмотрена врезка металлической трубы, заканчивающейся гибким шлангом. Днища силосов оборудованы также аэрационными сводообрушающими устройствами.

Перекачка цемента и забор пыли из пылесборников осуществляются пневморазгрузчиком цемента ГА-33. Очищают запыленный избыточный воздух циклоном и фильтром.

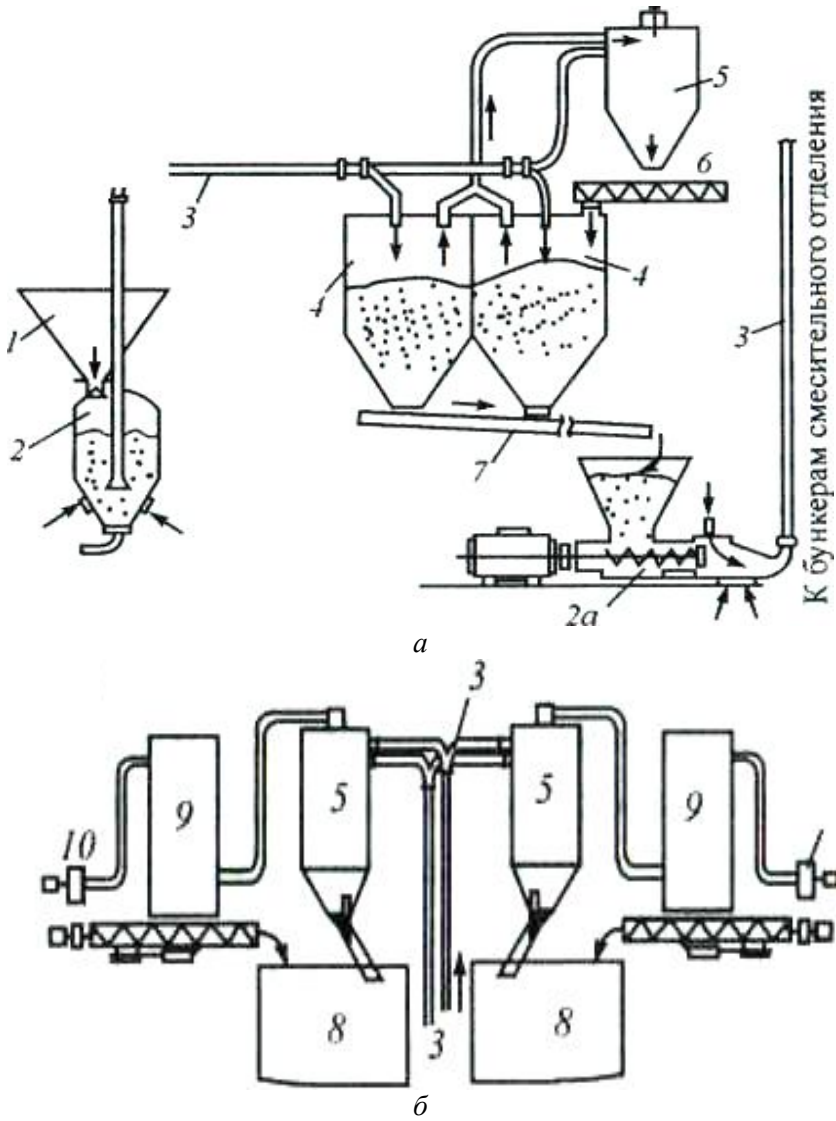


Рис. 9.3. Схема пневмотранспорта цемента:
а – на складе; *б* – в смесительном отделении

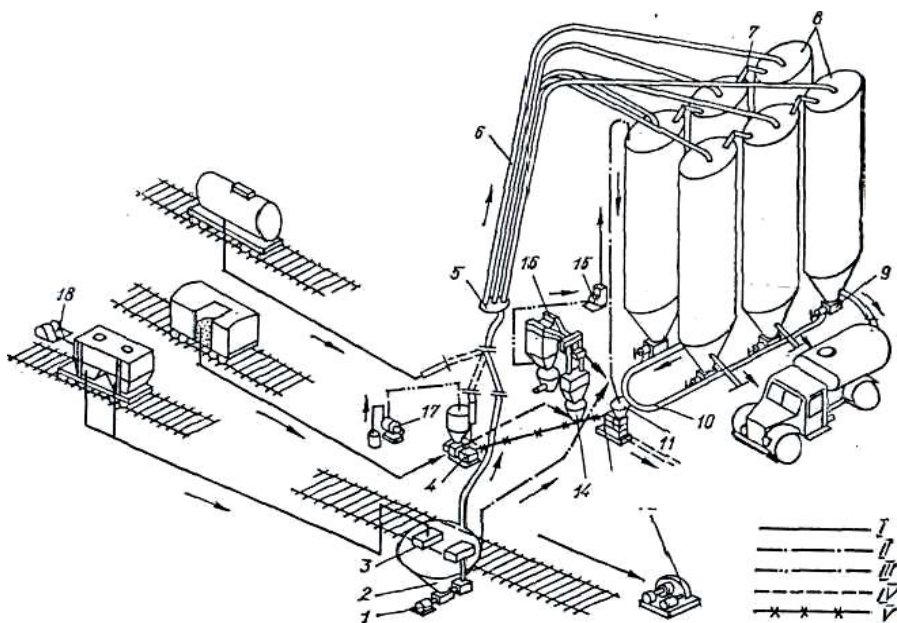


Рис. 9.4. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 360/240 т – технологическая схема (вариант выдачи цемента в БСУ пневмовинтовым насосом):

- 1 – пневмоподъемник цемента (эрлифт) ТА-1S – 1 шт.;
- 2 – бункер приемный – 1 шт.; 3 – рукав приемный – 2 шт.;
- 4 – пневморазгрузчик цемента ТА-33 – 1 шт.; 5 – устройство для переключения цементопроводов – 1 шт.; 6 – цементопроводы для подачи цемента в силосы – 1 комплект; 7 – труба соединительная – 5/3 шт.;
- 8 – силосы – 4/6 шт.; 9 – пневморазгрузитель донной выгрузки ПДД-101 – 6/4 шт.;
- 10 – цементопровод для выдачи цемента – 2 шт.; 11 – бункер выдачи – 1 шт.;
- 12 – лебедка маневровая Т-193Б – 1 шт.;
- 13 – насос пневмовинтовой ТА-14А – 1 шт.;
- 14 – группа из двух циклонов Ц-15 – 1 шт.;
- 15 – вентилятор ЦП 7-40 № 5 – 1 шт.;
- 16 – фильтр всасывающий рукавный СМЦ 166 Б – 1 шт.;
- 17 – насос водокольцевой ВВН-25 – 1 шт.; 18 – блок концевой – 1 шт.;
- I – подача цемента; II – запыленный воздух; III – очищенный воздух;
- IV – удаление пыли; V – перекачка цемента

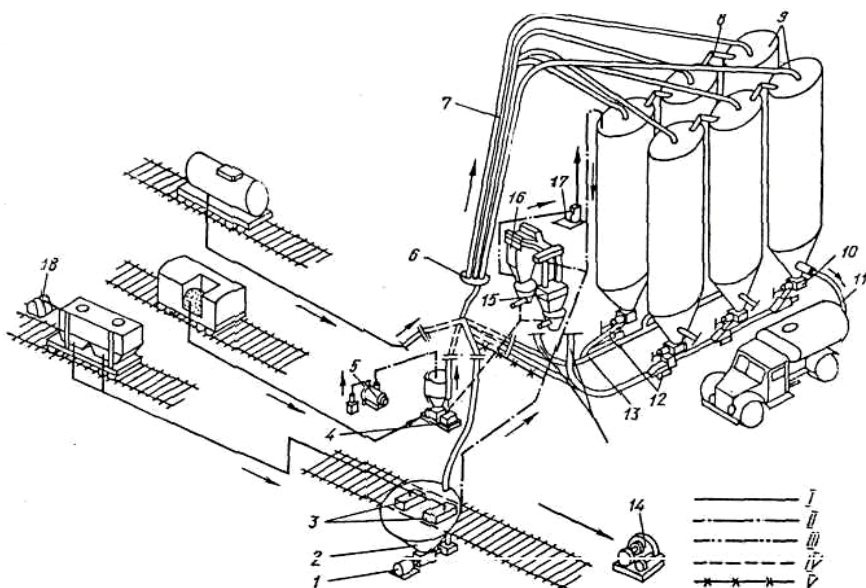


Рис. 9.5. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 360/240 т – технологическая схема (вариант выдачи цемента в БСУ струйным насосом):

- 1 – пневмоподъемник цемента (эрлифт) ТА-15 – 1 шт.;
 - 2 – бункер приемный – 1 шт.; 3 – рукав приемный – 2 шт.;
 - 4 – насос водокольцевой ВВН-25 – 1 шт.;
 - 5 – пневморазгрузчик цемента ТА-33 – 1 шт.;
 - 6 – устройство для переключения цементопроводов – 1 шт.;
 - 7 – цементопроводы для подачи цемента в силосы – 1 комплект;
 - 8 – труба соединительная – 5/3 шт.; 9 – силосы – 41/6 шт.;
 - 10 – пневморазгрузитель донной выгрузки ПДД-101 – 6/4 шт.;
 - 11 – цементопровод для загрузки автоцементовозов – 3/2 шт.;
 - 12 – насос струйный 623.00.000И – 6/4 шт.;
 - 13 – лебедка маневровая Т-193Б – 1 шт.;
 - 14 – цементопровод для выдачи цемента – 2 шт.;
 - 15 – группа из двух циклонов ЦН-15 – 1 шт.;
 - 16 – вентилятор ЦП-7-40 №5 – 1 шт.;
 - 17 – фильтр всасывающий рукавный СМЦ 166Б – 1 шт.;
 - 18 – блок концевой – 1 шт.;
- I – подача цемента; II – запыленный воздух; III – очищенный воздух;
IV – удаление пыли; V – перекачка цемента

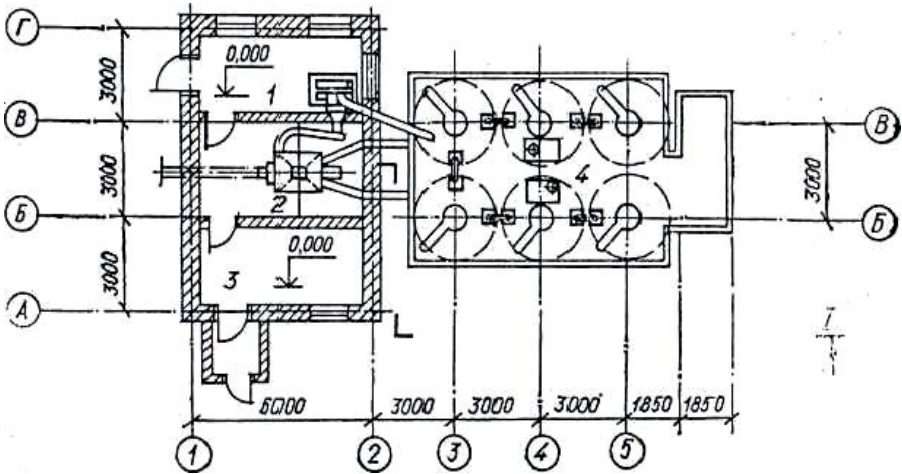


Рис. 9.6. Автоматизированный приграсовый склад цемента вместимостью 360/240 т (инвентарный вариант):

- 1 – помещение вентилятора и осушки сжатого воздуха – 16 м²;
 2 – помещение пневмовинтового насоса или пневмоподъемника (эрлифта) – 18 м²;
 3 – пультовая – 16 м²; 4 – силосы – 6/4 шт.

Силосный склад цемента может быть с четырьмя или шестью силосами. В складе вместимостью 360 т их шесть, а 240 т – четыре.

Производственная программа

Грузооборот, т/год.....18 360/12 240

Потребность в ресурсах и сырье

Максимальный расход сжатого воздуха,
 м³/мин, при выдаче

пневмовинтовым насосом35,2

камерным35,2

струйным39,5

винтовым конвейером19,9

Установленная мощность токоприемников

(максимальная), кВт 211,68/207,88

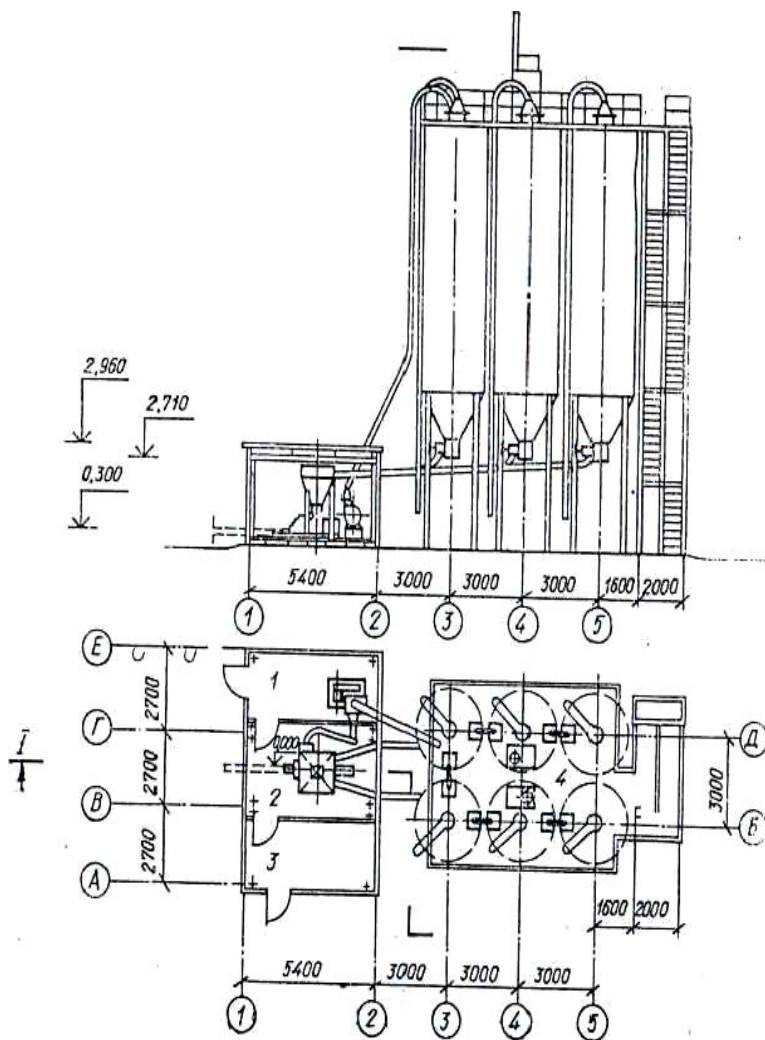


Рис. 9.7. Автоматизированный притрассовый склад, цемента вместимостью 360/240 т (стационарный вариант):

- 1 – помещение вентилятора и осушки сжатого воздуха – 16 м²;
 2 – помещение пневмовинтового насоса или пневмоподъемника (эрлифта) – 18 м²;
 3 – пультовая – 16 м²; 4 – силосы – 6/4 шт.

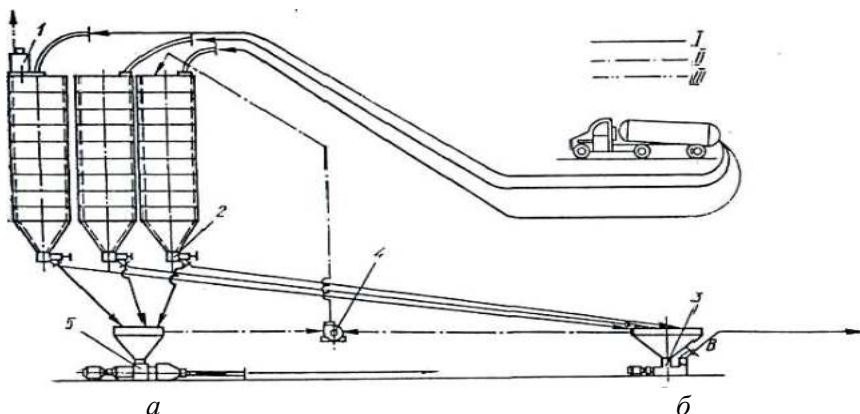


Рис. 9.8. Автоматизированный притрассовый склад цемента вместимостью 360/240 т – технологическая схема:

a – вариант выдачи цемента пневмовинтовым насосом;

б – вариант выдачи цемента пневмоподъемником (эрлифтом);

I – фильтр рукавный ФР-10 – 1 шт.; *2* – пневморазгрузатель донной выгрузки с дистанционным управлением – 6/4 шт.; *3* – пневмоподъемник цемента (эрлифт) С-1041 – 1 шт.; *4* – вентилятор ЦП 7-40 № 5 – 1 шт.;

5 – пневмовинтовой насос ТА-14Л – 1 шт.;

I – подача цемента; *II* – запыленный воздух; *III* – очищенный воздух.

9.1.2. Автоматизированный притрассовый склад цемента вместимостью 360/240 т (типовой проект № 409-29-62)

Прием цемента на складе предусмотрен из автоцементовозов разной грузоподъемности, оборудованных пневматической системой выгрузки через гофрированный гибкий рукав, который присоединяется при помощи быстросъемного замка к загрузочному трубопроводу (рис. 9.6–9.8).

Для предупреждения переполнения каждого силоса устанавливают верхние указатели уровня цемента, по сигналу которых выгрузка из автоцементовозов прекращается. Очищают воздух, вытесняемый из силосов, рукавным фильтром со встряхивающим устройством. Фильтры устанавливают на двух силосах. Все силосы соединяют между собой трубами.

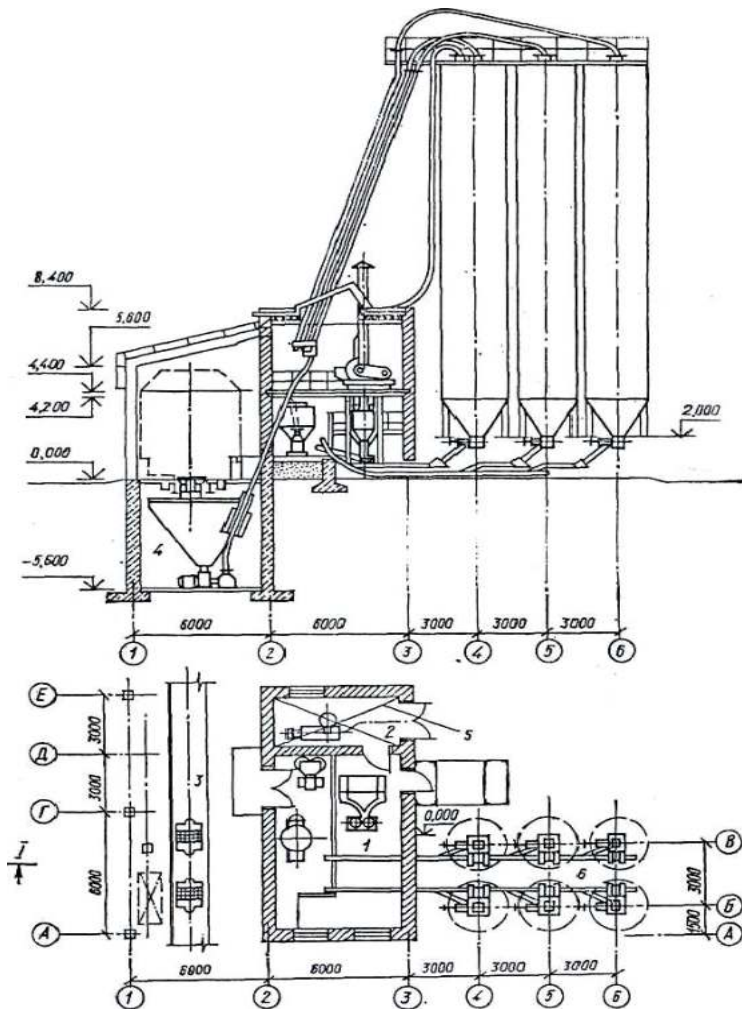


Рис. 9.9. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 720/480 т (вариант выдачи цемента в БСУ струйным насосом):

- 1 – помещение пневморазгрузчика и фильтра – 34 м²;
- 2 – помещение вакуум-насоса – 21 м²; 3 – навес – 72 м²;
- 4 – помещение пневмоподъемника (эрлифта) – 34 м²;
- 5 – пультовая на отм. 4,400 – 21 м²; 6 – силосы – 6/4 шт.

Из силосов цемент пневморазгрузчиками донной выгрузки с дистанционным управлением подается по трубопроводу в бункер, установленный над механизмом выдачи на бетоносмесительную установку. Запыленный воздух из бункера выдачи отсасывается вентилятором и подается в один из силосов. Днища силосов оборудованы аэрационными сводообрушающими устройствами. В проекте разработаны два варианта выдачи: пневмовинтовым насосом диаметром 150 мм и пневматическим подъемником цемента (эрлифтом) С-1041.

Выбирают механизм выдачи цемента на бетоносмесительную установку при привязке проекта.

Производственная программа

Грузооборот, т26 280/17 520

Потребность в ресурсах и сырье

Максимальный расход сжатого воздуха, м³/мин:

для варианта выдачи пневмовинтовым насосом16,3

то же пневмоподъемником (эрлифтом).....9,3

Установленная мощность токоприемников (максимальная), кВт.....47,5/438

9.1.3. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 720/480 т (типовой проект № 409-29-63)

На складе предусмотрена разгрузка цемента, доставляемого по железной дороге в крытых вагонах, специализированных бункерного типа, в вагонах-цементовозах с пневмовыгрузкой (рис. 9.9–9.11).

Из специализированных вагонов бункерного типа цемент разгружается в приемный бункер вместимостью 30 т, откуда пневмоподъемником подается в силосы. Из крытых вагонов его разгрузка осуществляется пневмо-разгрузчиком всасывающе-нагнетательного действия. Вагоны с пневматической выгрузкой подключают непосредственно к транспортному цементопроводу, по которому цемент поступает в силосы. Выдача его из силосов предусмотрена в бетоносмесительное отделение и на автотранс-

порт. Для выдачи в бетоносмесительное отделение под силосами устанавливают пневморазгрузатели донной выгрузки, подающие цемент по трубопроводам в бункер выдачи, под которым устанавливают пневмовинтовой или камерный насос (винтовой конвейер). Предусмотрен вариант выдачи цемента в бетоносмесительное отделение струйным насосом.

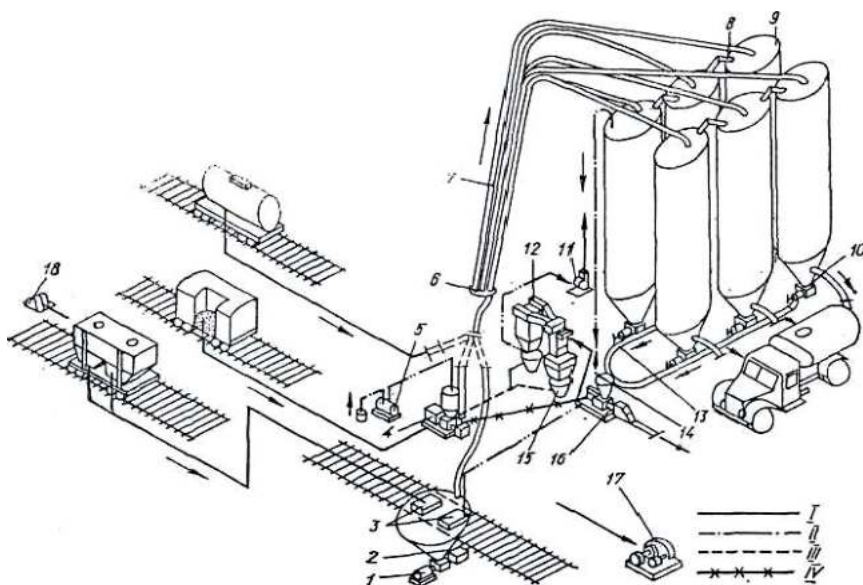


Рис. 9.10. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 720/480 т – технологическая схема (вариант выдачи цемента в БСУ пневмовинтовым насосом):

- 1 – пневмоподъемник цемента (эрлифт) ТА-15 – 1 шт.; 2 – бункер приемный – 1 шт.;
 3 – рукав приемный – 2 шт.; 4 – пневморазгрузчик ТА-33 – 1 шт.;
 5 – насос водокольцевой ВВН-25 – 1 шт.; 6 – устройство для переключения цементопроводов – 1 шт.; 7 – цементопроводы для выдачи цемента в силосы – 1 комплект; 8 – труба соединительная – 5/3 шт.; 9 – силосы – 6/4 шт.;
 10 – пневморазгрузатель донной выгрузки ПДД-101 – 6/5 шт.;
 11 – вентилятор ЦП-7-40 № 5 – 1 шт.; 12 – фильтр всасывающий рукавный СМЦ-166Б – 1 шт.; 13 – цементопровод для выдачи цемента – 2 шт.;
 14 – бункер выдачи – 1 шт.; 15 – группа из двух циклонов ЦН-15 – 1 шт.;
 16 – насос пневмовинтовой ТА-14А – 1 шт.; 17 – лебедка маневровая Т-193Б – 1 шт.;
 18 – блок концевой – 1 шт.;

I – подача цемента; II – запыленный воздух;
 III – удаление пыли; IV – перекачка цемента

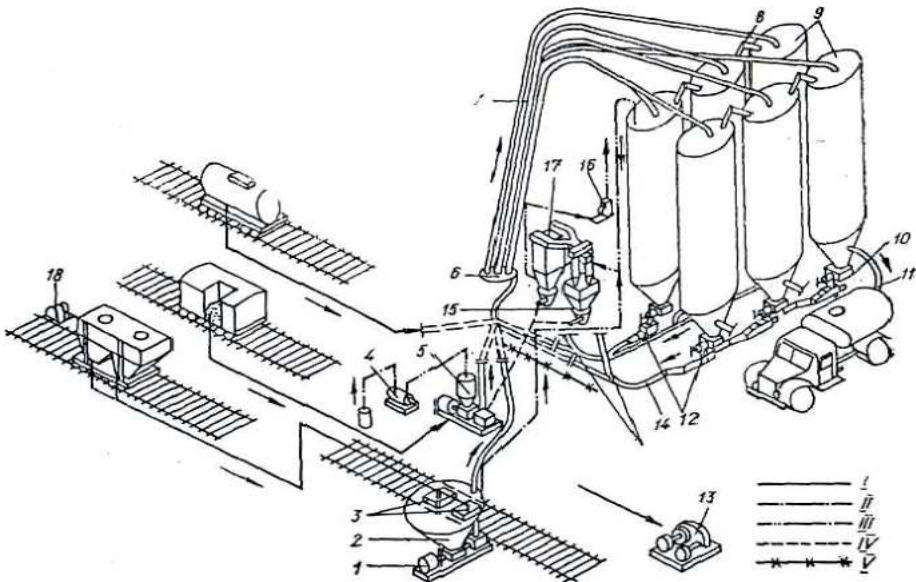


Рис. 9.11. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 720/480 т – технологическая схема (вариант выдачи цемента в БСУ струйным насосом):

I – подача цемента; *II* – запыленный воздух; *III* – очищенный воздух;
IV – удаление пыли; *V* – перекачка цемента;

- 1 – пневмоподъемник цемента (эрлифт) ТА-15 – 1 шт.;
 2 – бункер приемный – 1 шт.; 3 – рукав приемный – 2 шт.; 4 – пневморазгрузчик цемента ТА-33 – 1 шт.; 5 – насос водокольцевой ВВН-25 – 1 шт.;
 6 – устройство для переключения цементопроводов – 1 шт.;
 7 – цементопроводы для подачи цемента в силосы – 1 комплект;
 8 – труба соединительная – 5/3 шт.; 9 – силосы – 6/4 шт.; 10 – пневморазгрузатель донной выгрузки ПДД-101 – 6/4 шт.; 11 – цементопроводы для загрузки автоцементовозов – 3/2 шт.; 12 – насос струйный 623. 00.000И – 6/4 шт.;
 13 – цементопроводы для выдачи цемента – 2 шт.; 14 – лебедка маневровая Т-193Б – 1 шт.; 15 – группа для двух циклонов ЦН-15 – 1 шт.;
 16 – фильтр всасывающий рукавный СМЦ-166Б – 1 шт.;
 17 – вентилятор ЦП-7-40 №5 – 1 шт.; 18 – блок концевой – 1 шт.

Для выдачи цемента в автотранспорт (автоцементовозы с самозагрузкой) в нижней части днища предусмотрена врезка металлической трубы, заканчивающейся гибким шлангом.

Перекачка цемента и забор пыли из пылесборников осуществляются пневморазгрузчиком цемента ТА-33.

Очищают запыленный избыточный воздух циклоном и фильтром. Днища силосов оборудованы аэрационными сводообрушающими устройствами. Силосный склад цемента может быть выполнен с четырьмя или шестью силосами. Для склада вместимостью 720 т принимается шесть силосов, 480 т – четыре.

Производственная программа

Грузооборот, т/год36 720/24 480

Потребность в ресурсах и в сырье

Максимальный расход сжатого воздуха, м³/мин:

для варианта выдачи пневмовинтовым

насосом35,2

то же камерным насосом35,2

струйным39,5

винтовым9,9

Установленная мощность токоприемников

(максимальная), кВт.....211,86/208,06

9.1.4. Автоматизированный притрассовый склад цемента вместимостью 720/480 т (типовой проект № 409-29-64)

Прием цемента на складе предусмотрен из автоцементовозов разной грузоподъемности, оборудованных пневматической системой выгрузки через гофрированный гибкий рукав, который присоединяют при помощи быстросъемного замка к загрузочному трубопроводу (рис. 9.12–9.14).

Для предупреждения переполнения в каждом силосе установлены верхние указатели уровня цемента, по сигналу которых загрузка прекращается. Очищают воздух, вытесняемый из силосов, рукавным фильтром со встряхивающим устройством. Фильтры устанавливаются на двух силосах. Все силосы соединены между собой трубами.

9.1.5. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 1700/1100 т (типовой проект № 409-29-65)

На складе предусмотрена разгрузка цемента», доставляемого по железной дороге в крытых вагонах, специализированных вагонах бункерного типа, в вагонах-цементовозах с пневматической выгрузкой (рис. 9.15–9.17).

Из специализированных вагонов бункерного типа цемент разгружается в приемный бункер вместимостью 30 т, откуда пневмоподъемниками цемент подается в надсилосную галерею, где осаждается в бункере-осадителе и аэрожелобом загружается в соответствующий силос. Из крытых вагонов его разгрузка осуществляется пневморазгрузчиками всасывающе-нагнетательного действия.

Вагоны с пневматической выгрузкой подключают непосредственно к транспортному цементопроводу, которым цемент подается также в надсилосную галерею и далее аэрожелобом в силос. Из силосов цемент выдается в бетоносмесительное отделение и на автотранспорт. Для выдачи в бетоносмесительное отделение под силосами установлены пневморазгрузчики донной выгрузки, подающие цемент по трубопроводам в бункер выдачи, под которым устанавливается пневмовинтовой насос или винтовой конвейер.

Для выдачи на автотранспорт предусмотрены два варианта: на автоцементовозы всех типов и автоцементовозы с самозагрузкой. В первом случае предусмотрены пневморазгрузчики боковой выгрузки и установка для загрузки автоцементовозов С-925. Для выдачи на автоцементовозы с самозагрузкой в нижней части днища сделана врезка металлической трубы, заканчивающейся гибким шлангом. Перекачивается цемент и забирается пыль из пылесборников пневморазгрузчиком ТА-33.

Из силосов цемент пневморазгрузчиками донной выгрузки с дистанционным управлением подается по трубопроводу в бункер, установленный над механизмом выдачи на бетоносмесительную установку. Запыленный воздух из бункера выдачи отсасывается вентилятором и подается в один из силосов. Днища силосов оборудованы аэрационными сводообрушающими устройствами.

В проекте разработаны два варианта выдачи: пневмовинтовым насосом диаметром 150 мм и пневматическим подъемником цемента (эрлифтом) С-1041.

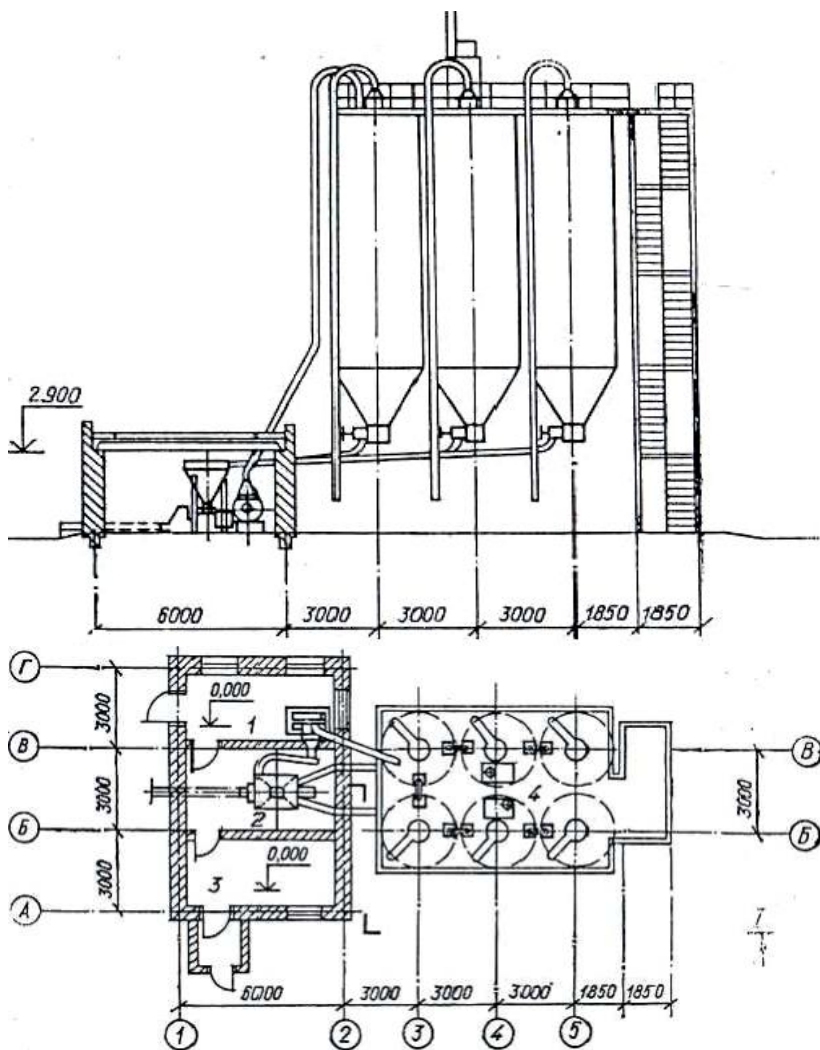


Рис. 9.12. Автоматизированный притрассовый склад цемента вместимостью 720/480 т (инвентарный вариант):

- 1 – помещение вентилятора и осушки сжатого воздуха – 16 м²;
 2 – помещение пневмовинтового насоса или пневмоподъемника – 18 м²;
 3 – пультовая – 16 м²; 4 – силосы – 6/4 шт.

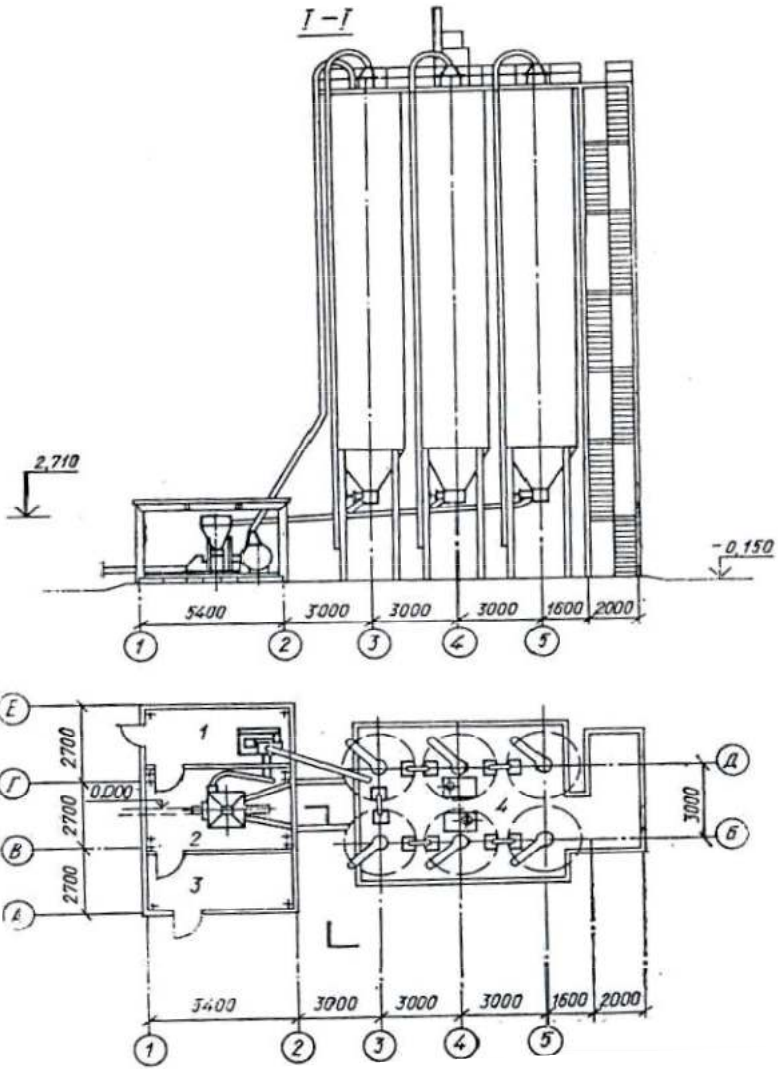


Рис. 9.13. Автоматизированный притрассовый склад цемента вместимостью 720/480 т (стационарный вариант):

- 1 – помещение вентилятора и осушки сжатого воздуха, – 16 м²;
- 2 – помещение пневмо-винтового насоса или пневмоподъемника (эрлифта) – 18 м²;
- 3 – пультовая – 16 м²; 4 – силосы – 6/4 шт.

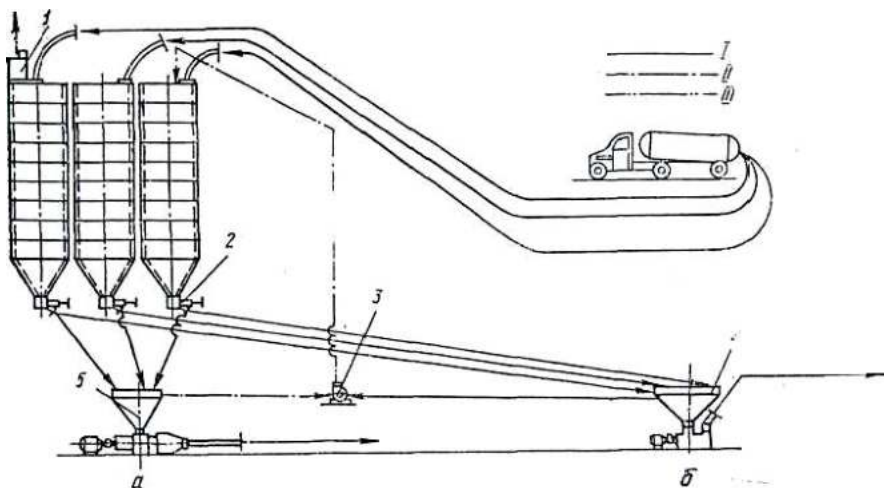


Рис. 9.14. Автоматизированный притрассовый склад цемента вместимостью 720/480 т (технологическая схема):

a – вариант выдачи цемента пневмовинтовым насосом;

б – вариант выдачи цемента пневмоподъемником (эрлифтом);

I – фильтр рукавный ФР-10 – 1 шт.; *2* – пневморазгрузатель донной выгрузки с дистанционным управлением – 6/4 шт.; *3* – вентилятор ЦП-7-40 № 5 – 1 шт.;

4 – пневмоподъемник цемента (эрлифт) С-1041 – 1 шт.;

5 – насос пневмовинтовой ТА-14А – 1 шт.;

I – подача цемента; *II* – запыленный воздух; *III* – очищенный воздух

Производственная программа

Грузооборот, т/год.....52 560/35 040

Потребность в ресурсах и сырье

Максимальный расход сжатого воздуха, м³/мин:

для варианта выдачи пневмовинтовым насосом....16,3

то же, пневмоподъемником (эрлифтом)9,3

Установленная мощность токоприемников

(максимальная), кВт47,8/44,1

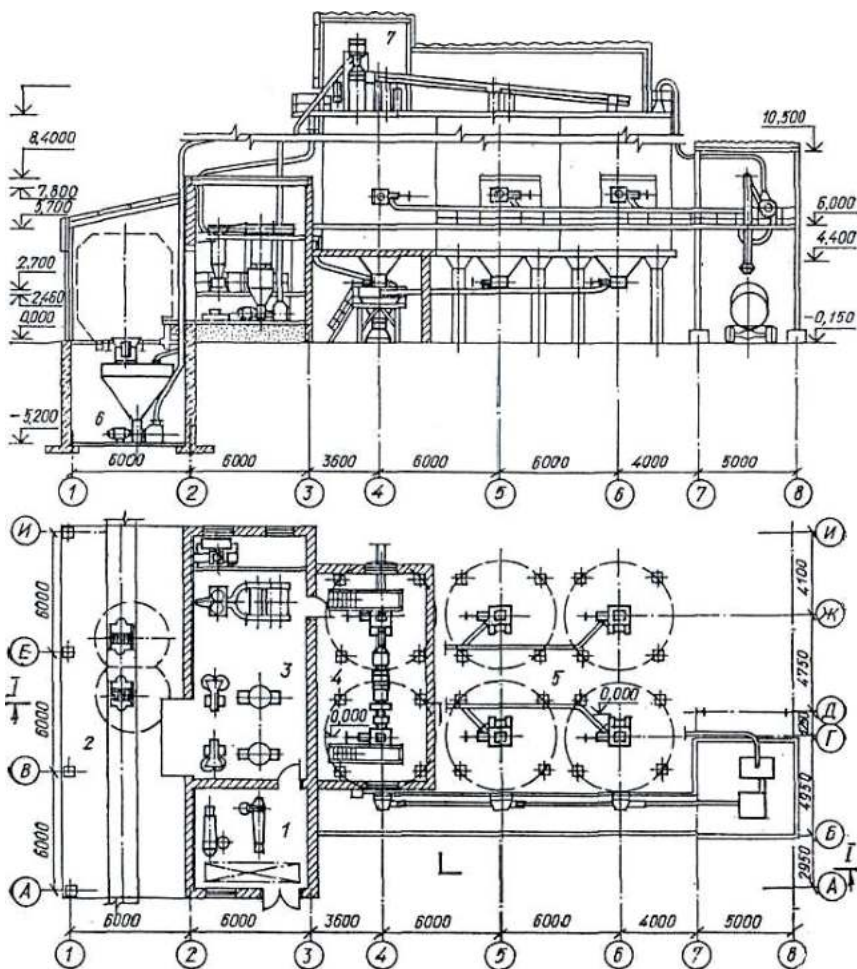


Рис. 9.15. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 1700/1100 т (вариант выдачи цемента в БСУ пневмовинтовым насосом и на автотранспорт – на автоцементовозы всех типов):

- 1 – помещение вакуум-насоса – 30 м²; 2 – навесы – 143/139 м²;
- 3 – помещение пневморазгрузчиков и фильтра – 71 м²;
- 4 – помещение пневмовинтового насоса – 59 м²; 5 – силосы – 6/4 шт.;
- 6 – помещение пневмоподъемника (эрлифта) – 41 м²;
- 7 – надсилосная галерея – 61/40 м²

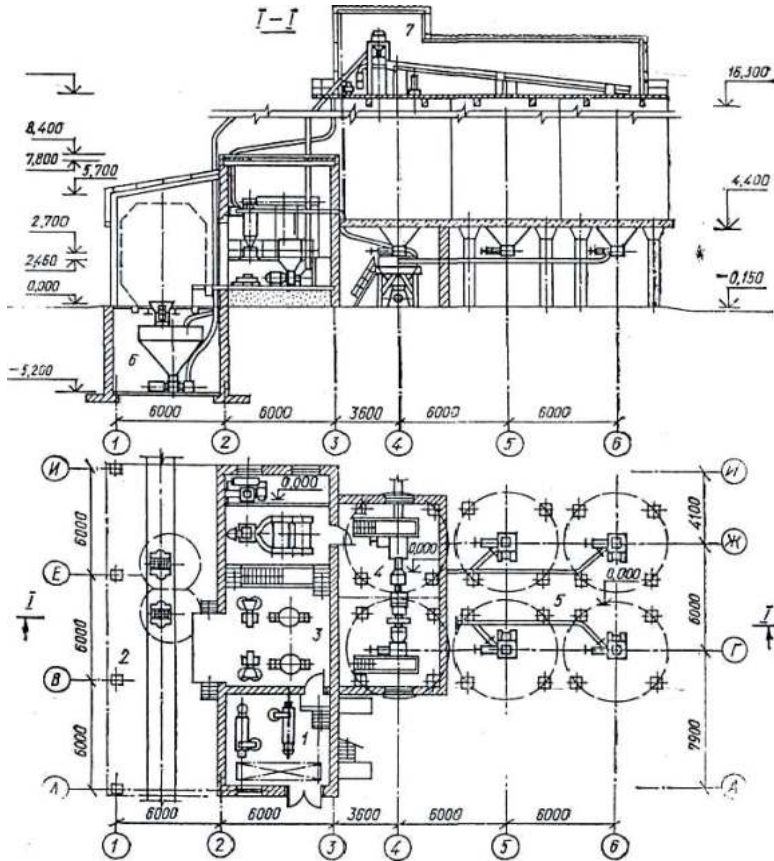


Рис. 9.16. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 1700/1100 т (вариант выдачи цемента в БСУ пневмовинтовыми насосами на автотранспорт – на автоцементовозы с самовыгрузкой):
 1 – помещение вакуум-насоса – 30 м²; 2 – навесы – 143/139 м²;
 3 – помещение пневмопогрузчиков и фильтра – 71 м²; 4 – помещение пневмовинтового насоса – 59 м²; 5 – силосы – 6/4 шт.; 6 – помещение пневмоподъемника (эрлифта) – 41 м²; 7 – надсилосная галерея – 61/40 м²

Запыленный избыточный воздух очищается циклоном и фильтром. Днища силосов оборудованы аэрационными сводообрушающими устройствами. Для склада вместимостью 1 700 т принимается шесть силосов диаметром 6 м, а для 1 100 т – четыре.

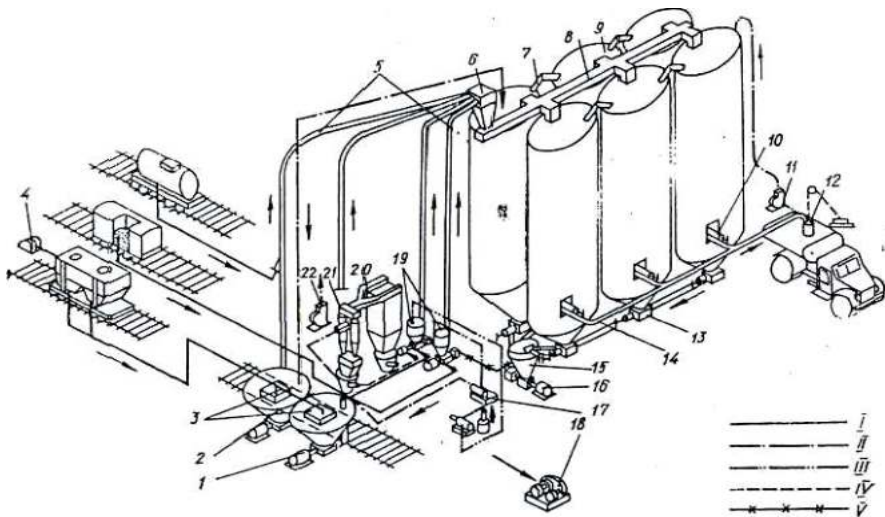


Рис. 9.17. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 1700/1100 т – технологическая схема:

- I* – подача цемента; *II* – запыленный воздух; *III* – очищенный воздух;
IV – удаление пыли; *V* – перекачка цемента; 1 – пневмоподъемник цемента (эрлифт) ТА-15 – 2 шт.; 2 – бункер приемный – 2 шт.; 3 – рукав приемный – 2 шт.; 4 – блок концевой – 1 шт.; 5 – цементопроводы на подаче цемента в силосы – 1 комплект; 6 – бункер-осадитель – 1 шт.; 7 – труба соединительная – 5/8 шт.; 8 – аэрожелоб – 1 шт.; 9 – силосы – 6/4 шт.; 10 – пневморазгрузатель боковой выгрузки ПБД-161 – 3/2 шт.; 11 – вентилятор ЦП-40 № 5 – 1 шт.; 12 – загрузочное устройство – 1 шт.; 13 – пневморазгрузатель донной выгрузки – 6/4 шт.; 14 – цементопроводы на выдаче цемента – 2 шт.; 15 – бункер выдачи – 1 шт.; 16 – насос пневмовинтовой НПВ63-2 – 1 шт.; 17 – водокольцевой насос ВВН-25 – 2 шт.; 18 – лебедка маневровая Т-193Б – 1 шт.; 19 – пневморазгрузчик цемента Т.А-83 – 2 шт.; 20 – фильтр всасывающий рукавный СМЦ-166Б – 1 шт.; 21 – группа из двух циклонов 0 500 – 1 шт.; 22 – вентилятор ЦП-40 № 5 – 1 шт.

Производственная программа

Грузооборот, т/год102 000/71 400

Потребность в ресурсах и сырье

Максимальный расход сжатого воздуха, м³/мин:

для варианта выдачи пневмовинтовым насосом.. 57,2

винтовым конвейером35,2

Установленная мощность токоприемников

(максимальная), кВт411/402,68

*9.1.6. Автоматизированный прирельсовый склад цемента
емкостью 4000/2500 т (типовой проект № 409-29-66)*

На складе предусмотрена разгрузка цемента, доставляемого по железной дороге в крытых вагонах, специализированных вагонах бункерного типа, в вагонах-цементовозах с пневматической выгрузкой (рис. 9.18–9.20).

Из специализированных вагонов бункерного типа цемент разгружается в приемный бункер емкостью 30 т, откуда пневмоподъемниками подается в надсилосную галерею, где осаждается в бункере-осадителе и аэрожелобом загружается в соответствующий силос.

Разгрузка цемента из крытых вагонов осуществляется пневморазгрузчиками всасывающе-нагнетательного действия.

Вагоны с пневматической выгрузкой подключаются непосредственно к транспортному цементопроводу, которым цемент подается также в надсилосную галерею и далее аэрожелобом в силос. Из него – в бетоносмесительное отделение и на автотранспорт.

Для выдачи в бетоносмесительное отделение под силосами установлены пневморазгрузчики донной выгрузки, подающие цемент по трубопроводам в бункер выдачи, под которым устанавливается пневмовинтовой насос или винтовой конвейер.

Для выдачи на автотранспорт предусмотрены два варианта: в автоцементовозы всех типов и с самозагрузкой. В первом случае предусмотрены пневморазгрузчики боковой выгрузки и установка для загрузки автоцементовозов С-925. Для выдачи в автоцементовозы с самозагрузкой в нижней части днища предусмотрена врезка металлической трубы, заканчивающейся гибким шлангом.

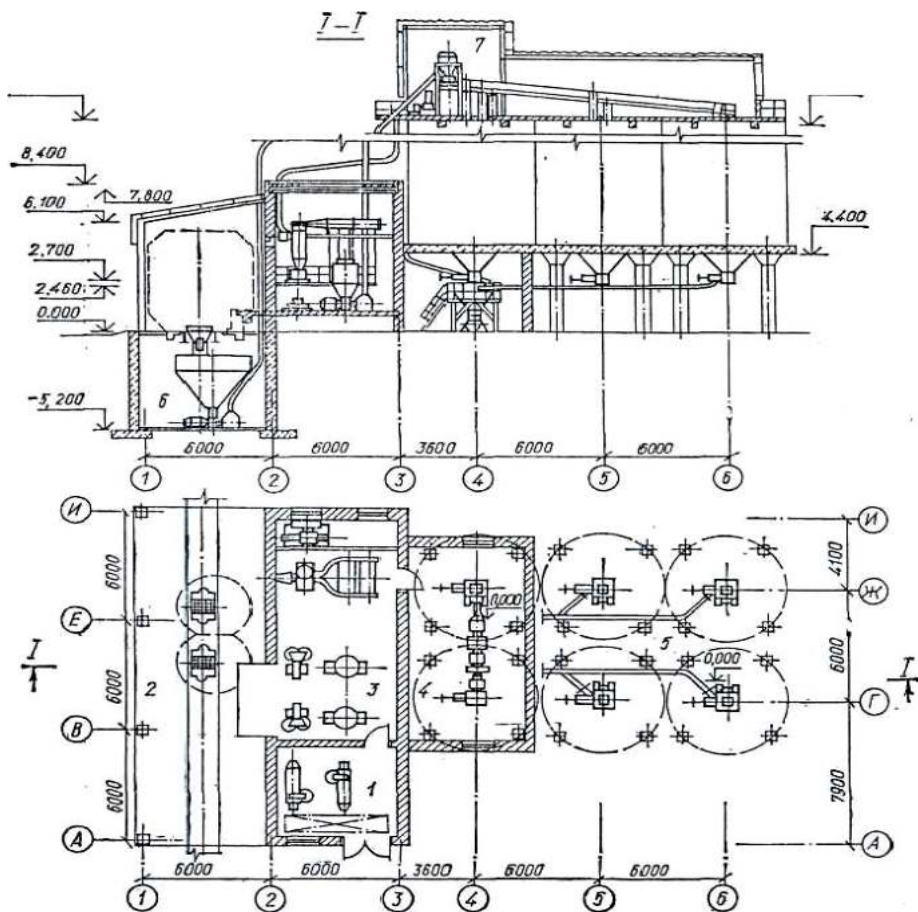


Рис. 9.18. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 4000/2500 т (вариант выдачи цемента в БСУ пневмовинтовым насосом и в автоцементовозы всех типов):
 1 – помещение вакуум-насоса – 30 м²; 2 – навесы – 143/139 м²;
 3 – помещение пневморазгрузчиков и фильтров – 71 м²;
 4 – помещение пневмовинтового насоса – 59 м²; 5 – силосы – 6/4 шт.;
 6 – помещение пневмоподъемника (эрлифта) – 41 м²;
 7 – надсилосная галерея – 61/40 м²

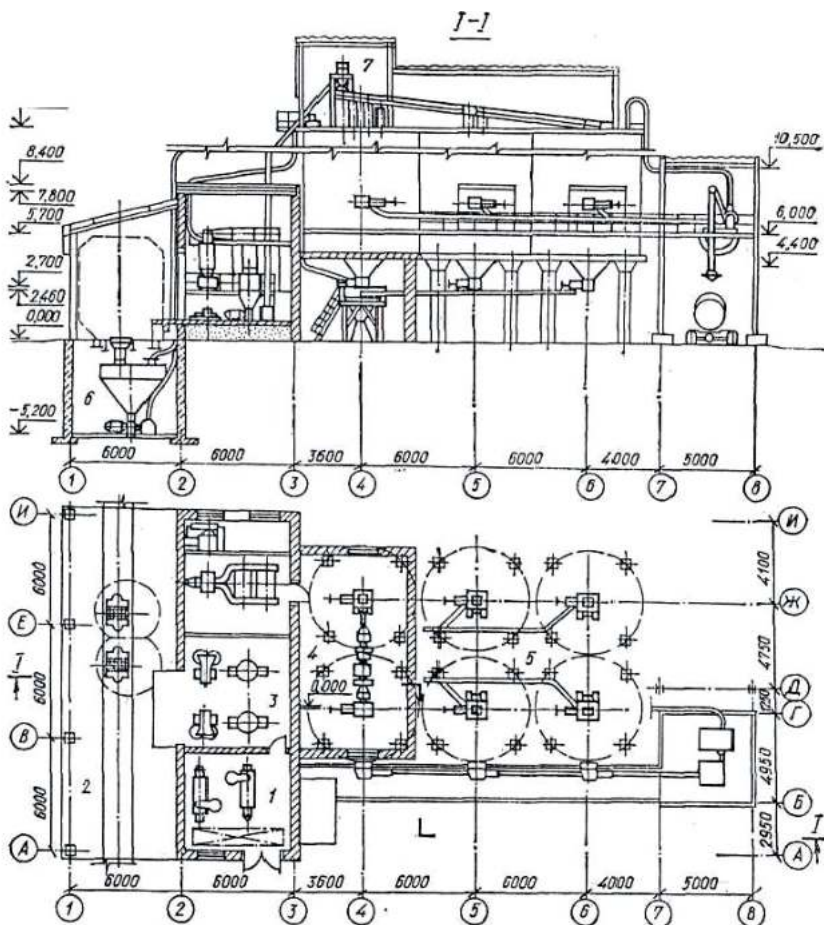


Рис. 9.19. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 4000/2500 т (вариант выдачи цемента в БСУ пневмовинтовым насосом и в автоцементовозы с самозагрузкой):

- 1 – помещение вакуум-насоса – 30 м²; 2 – навесы – 143/139 м²;
- 3 – помещение пневморазгрузчиков и фильтра – 71 м²;
- 4 – помещение пневмовинтового насоса – 59 м²; 5 – силосы – 6/4 шт.;
- 6 – помещение пневмоподъемника (эрлифта) – 41 м²;
- 7 – надсилосная галерея – 61/40 м²

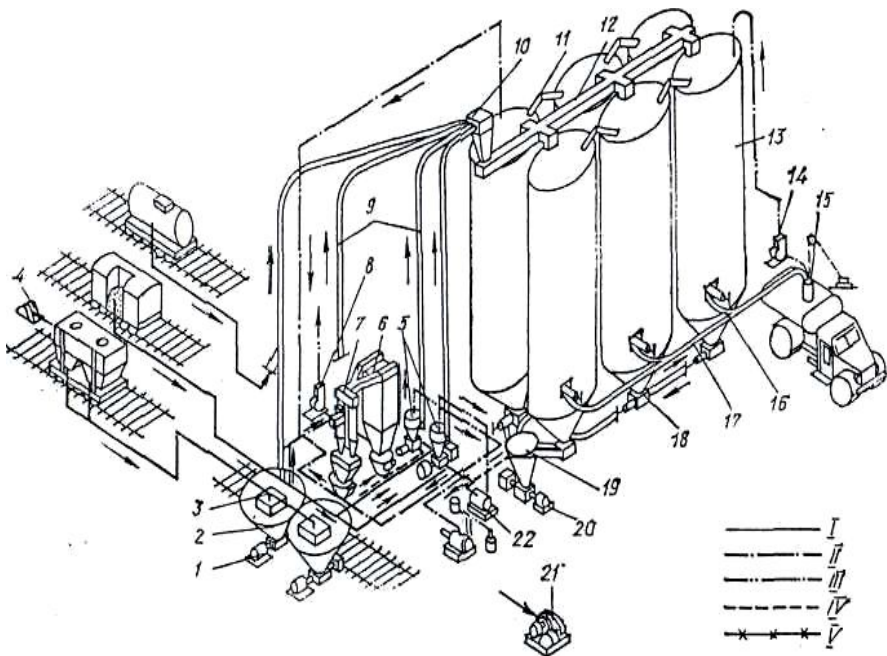


Рис. 9.20. Автоматизированный прирельсовый склад цемента вместимостью 4000/2500 т – технологическая схема:

I – подача цемента; *II* – очищенный воздух; *III* – запыленный воздух;

IV – удаление пыли; *V* – перекачка цемента;

1 – пневмоподъемник цемента (эрлифт) ТА-15 – 2 шт.;

2 – бункер приемный – 2 шт.; 3 – рукав приемный – 2 шт.;

4 – блок концевой – 1 шт.; 5 – пневморазгрузчик цемента ТА-33 – 2 шт.;

6 – фильтр всасывающий рукавный СМЦ-166Б – 1 шт.;

7 – группа из двух циклонов 0 500 – 1 шт.; 8 – вентилятор ЦП7-40 № 8 – 1 шт.;

9 – цементопроводы на подаче цемента в силосы – 1 комплект;

10 – бункер-осадитель – 1 шт.; 11 – труба соединительная – 5/3 шт.;

12 – аэрожелоб – 1 шт.; 13 – силосы – 6/4 шт.;

14 – вентилятор ЦП7-40 № 5 – 1 шт.; 15 – загрузочное устройство – 1 шт.;

16 – пневморазгрузитель боковой выгрузки ПДБ-161 – 3/2 шт.;

17 – цементопроводы на выдаче – 2 шт.; 18 – пневморазгрузитель донной выгрузки ПДД-101 – 6/4 шт.; 19 – бункер выдачи – 1 шт.;

20 – насос пневмовинтовой НПВ63-2 – 1 шт.;

21 – лебедка маневровая Т-193Б – 1 шт.; 22 – водокольцевой насос ВВН-25 – 2 шт.

Перекачка цемента и забор пыли из пылесборников осуществляются пневморазгрузчиком цемента ТА-33. Очистка запыленного избыточного воздуха – циклоном и фильтром. Днища силосов оборудованы аэрационными сводообрушающими устройствами.

Для склада вместимостью 4 000 т принимается шесть силосов диаметром 6 м, а для 2 500 т – четыре.

Производственная программа

Грузооборот, т/год204 000/132 600

Потребность в ресурсах и сырье

Максимальный расход сжатого воздуха, м³/мин:

для варианта выдачи пневмовинтовым насосом...57,2

то же, винтовым конвейером35,2

Установленная мощность токоприемников

(максимальная), кВт412,3/403,9

Нельзя хранить цемент во временных амбарных складах, на площадках под навесами и брезентовыми покрытиями, а также вблизи материалов, выделяющих аммиак. При хранении не допускается одновременное складирование в одной емкости цемента разных марок и видов.

9.2. Нормы проектирования складов цемента

Запас цемента или золы-уноса на складе при поступлении:

железнодорожным транспортом7...10 расчетных рабочих суток;

автомобильным.....5...7.

Запас декоративного цемента.....30 суток.

Количество емкостей для хранения цемента на предприятиях мощностью

100 тыс. м³ в годболее 4 шт.;

100 тыс. м³ в годболее 6 шт.;

Коэффициент заполнения емкостей.....более 0,9.

Углы наклона:

течек без побуждения, днищ конических без побужденияболее 60°;

покрытых аэрирующими элементами, расщечек и откосов плоских днищ и силосов, частично покрытых аэрирующими элементами.....более 50°;
 аэрирующих дорожек к донным или боковым разгрузочным люкам, сплошь покрытых аэрирующими элементами.....более 15°;
 аэрожелобовболее 5°.

Расчетная плотность цемента:

минимальная в разрыхленном свеженасыпном состоянии (для расчета вместимости склада).....1 т/м³;
 максимальная слежавшегося цемента (для расчета емкости на прочность).....75 т/м³;
 Уровень механизацииболее 90 %.
 Уровень автоматизацииболее 70 %.

9.3. Склады заполнителей

В зависимости от вида внешнего и внутреннего транспорта, способа приема, хранения и выдачи заполнителей, типа оборудования, применяемого для складских операций, определяют и тип склада. Склады бывают прирельсовые – с доставкой материалов железнодорожным транспортом, безрельсовые – с доставкой материалов автосамосвалами, канатной дорогой, ленточными конвейерами и береговые – с доставкой материалов баржами. Они могут быть открытые и закрытые, а по способу складирования и хранения заполнителей – штабельные, полубункерные, бункерные и силосные. Склады оборудуют эстакадами, подземными галереями и конструктивными приспособлениями.

Штабельно-траншейные и полубункерные склады, загружаемые сверху при помощи ленточных конвейеров, оборудованных специальными сбрасывающими тележками для подачи материала в любое место по длине склада, называют эстакадно-траншейно-штабельными или эстакадно-полубункерными складами.

Существуют определенные требования к качеству заполнителей и точности соотношения компонентов в бетонной смеси. Кроме того, к заполнителям предъявляют требования по зерновому составу, прочности, пористости, влажности, чистоте. В связи с этим повышаются требования, предъявляемые к складам заполнителей:

обеспечение надлежащего хранения материалов в расчетных количествах для бесперебойной работы технологических линий; удобство разгрузки поступающих материалов и транспортирование их в определенное место; предотвращение смешивания как разнородных материалов, так и однотипных, но отличающихся качественными показателями.

При хранении материалов не должно быть случаев их загрязнения, ухудшения характеристик. Должны быть организованы сортировка, обогащение и другие технологические операции, направленные на улучшение их качества.

Широкое распространение получили открытые штабельные эстакадно-траншейные склады, оборудованные подрельсовыми приемными бункерами, скребковым разгрузчиком для платформ и системой ленточных конвейеров, расположенных в надштабельных и подштабельных галереях. При установке стационарных разгрузчиков вагоны перемещают маневровой лебедкой. Полувагоны и платформы можно разгружать также самоходными порталными ковшовыми разгрузчиками.

Как правило, штабеля делят на шесть отсеков: по два для песка и крупного щебня (20...40 мм) и по одному для мелкого (3...10 мм) и средней крупности (10...20 мм) щебня с высотой разделительных стенок 2...4 м.

Небольшое количество заполнителей складировать в штабельном складе, оборудованном подрельсовым приемным бункером, стационарным скребковым разгрузчиком, наклонным ленточным конвейером и ковшовым погрузчиком. Вместимость склада равна объему конуса.

Более вместителен штабельный склад, оборудованный поворотным ленточным конвейером. Вместимость склада можно увеличить при условии, если наклонный ленточный конвейер будет поднимать материал на более высокую отметку и передавать его на горизонтальный ленточный конвейер, снабженный двухбарабанной сбрасывающей тележкой и размещенный на эстакаде (штабельно-эстакадный склад). Такие склады оборудуют подштабельными туннелями с горизонтальными ленточными конвейерами, на которые материал подается из подштабельных воронок вибропитателями.

Достаточную вместимость и механизацию погрузочно-разгрузочных операций обеспечивает штабельно-туннельный склад, оснащенный поворотным краном с грейферным захватом, поворотным ленточным конвейером и подштабельным туннелем.

Более рациональной формой штабеля, большей вместимостью и степенью механизации работ отличаются штабельно-эстакадно-туннельные склады, в которых эстакада с галереей и горизонтальным ленточным конвейером и отсыпaeмый штабель располагаются параллельно железнодорожной ветке.

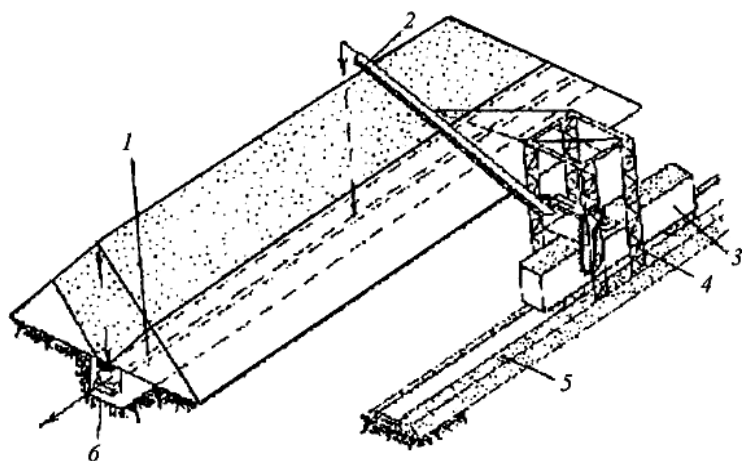
На штабельно-линейном (рис. 9.21, *a*) складе осуществляется разгрузка вагонов с помощью разгрузочного средства с образованием штабеля с одной или двух сторон железнодорожного пути высотой не более 10 м и длиной до 100 м. Выдача материалов со склада осуществляется ленточными транспортерами, расположенными в подштабельных галереях.

На штабельно-кольцевом складе (рис. 9.21, *б*) осуществляются разгрузка материала с помощью машины типа Т-182А в приемный бункер установки и дальнейшая подача заполнителя наклонным транспортером на передвижной радиальный штабелеукладчик, который и формирует кольцевой штабель.

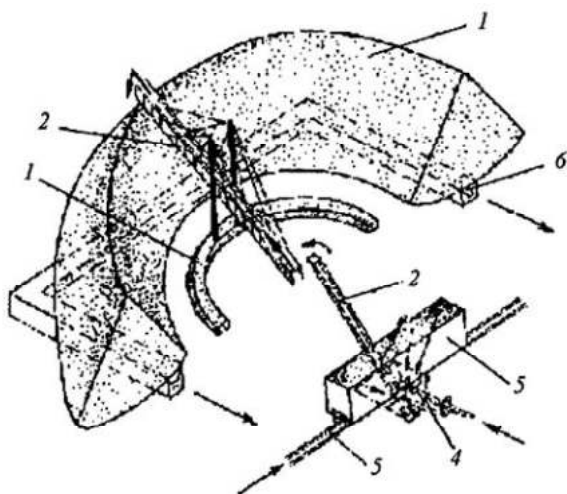
Основной частью складов заполнителей эстакадного типа (рис. 9.22) является железобетонная или металлическая эстакада, расположенная над штабелем материала.

Автоматизированный силосно-кольцевой склад (рис. 9.23) состоит из нескольких силосов, собранных из железобетонных колец диаметром 3,5...10,0 м. Между силосами расположена шахта для вертикального элеватора, нижних и верхних помещений для поворотной воронки и передаточных вибрационных конвейеров.

Для мини-заводов и полигонов с годовым грузооборотом 5...15 тыс. м³ эффективными являются бункерно-кольцевые склады (рис. 9.24). Они состоят из заглубленных в землю бункеров и предназначены для приема заполнителей только с автотранспорта.



a



б

Рис. 9.21. Склады заполнителей штабельного типа:
a – штабельно-линейный; *б* – штабельно-кольцевой;
 1 – штабель заполнителя; 2 – наклонный ленточный конвейер;
 3 – полувагон; 4 – разгрузочные средства; 5 – железнодорожный путь;
 6 – подштабельный конвейер; 7 – радиальный путь

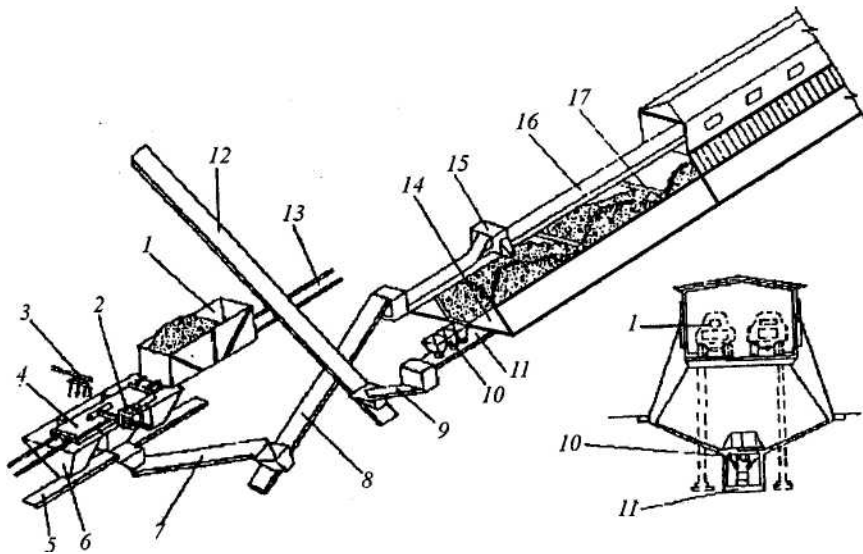


Рис. 9.22. Склады заполнителя эстакадного типа:
а – эстакадно-штабельный; *б* – эстакадно-траншейный;
 1 – транспортные средства; 2 – разгрузчик Т-182А;
 3 – бурофре-зерный рыхлитель смерзшихся материалов;
 4 – железнодорожная платформа; 5, 7–9 – наклонные ленточные конвейеры;
 6 – бункер для приема материалов; 10 – лотковый вибротвор-питатель;
 11 – подштабельный ленточный конвейер; 12 – конвейер в бетоносмесительное отделение; 13 – железнодорожный путь; 14 – обваловывающие призмы;
 15 – сбрасывающая тележка; 16 – эстакадный ленточный конвейер;
 17 – разделительные стенки

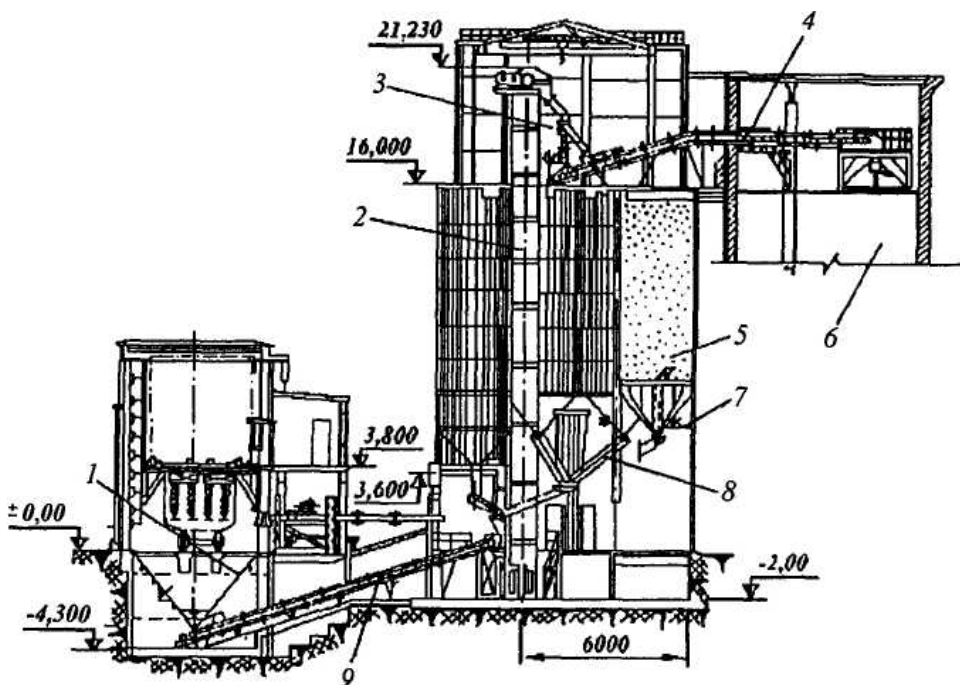


Рис. 9.23. Автоматизированный силосно-кольцевой склад заполнителей емкостью 650 м^3 (боковой разрез):

- 1 – приемное устройство; 2 – ковшовый элеватор; 3 – поворотная колонка;
 4, 9 – ленточный конвейер; 5 – силос; 6 – бетоносмесительная установка;
 7 – вибратор; 8 – вибропитатель

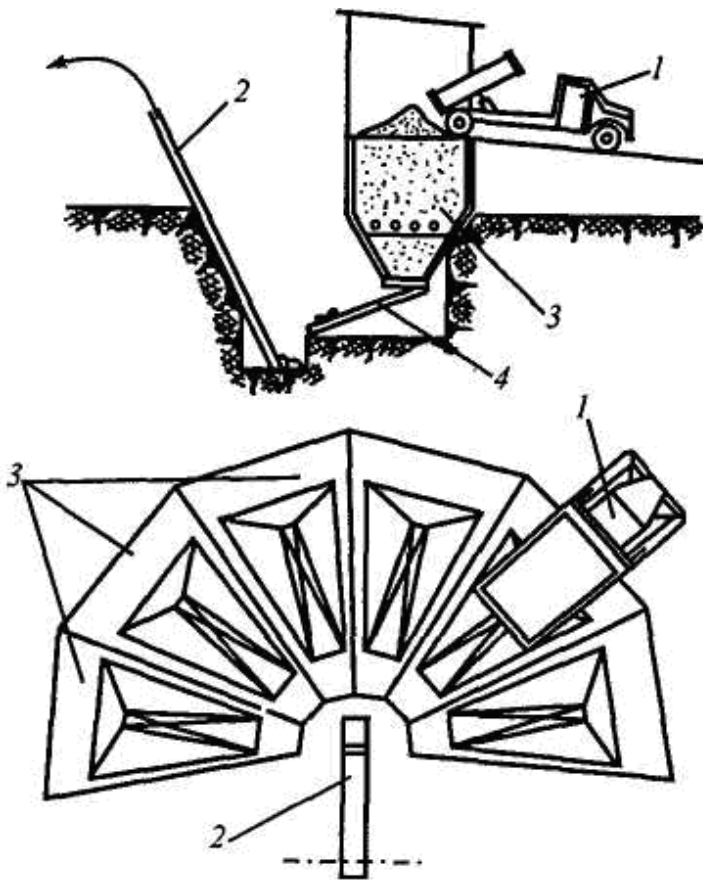


Рис. 9.24. Склад заполнителей бункерно-кольцевого типа:
 1 – транспортные средства; 2 – транспортер; 3 – бункер; 4 – затвор

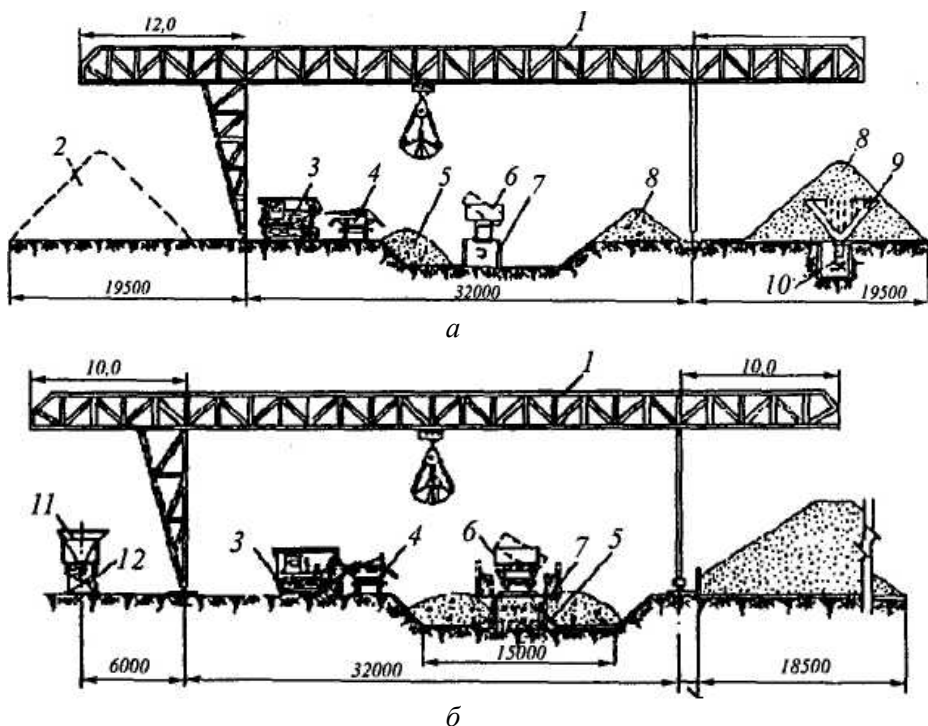


Рис. 9.25. Склад заполнителей, оборудованный портальным грейферным краном, бульдозером и ленточным транспортером:

а – схема с подогревом заполнителей в штабелях;

б – схема с бункерами подогрева;

1 – портальный кран с грейфером; 2, 8 – штабеля заполнителей;

3 – разгрузчик на тракторе; 4 – железнодорожная платформа;

5 – приемная траншея; 6 – саморазгружающийся вагон;

7 – эстакада для саморазгружающихся вагонов;

9 – регистры для подогрева в штабелях; 10, 12 – ленточный конвейер;

11 – погрузочный бункер

Транспортирование заполнителей на складах может производиться непрерывно с помощью ленточных конвейеров различного типа либо порционно с помощью бульдозеров, штабелеукладчиков, экскаваторов и грейферных кранов (рис. 9.25).

В зимний период замерзшие заполнители перед подачей в бетоносмесительное отделение необходимо подогревать. Оттаивание

крупного заполнителя осуществляется либо контактным способом, когда горячие трубы, нагреваемые паром, располагаются внутри штабеля заполнителя или в специальных бункерах, либо способом конвективного теплообмена, когда заполнитель обдувается горячим воздухом или дымовыми газами при температуре около 250 °С.

Получение высокомарочного и высококачественного бетона возможно при соблюдении определенных требований, в частности применения обогащенного промывкой фракционированного песка и щебня, складирования их в условиях, исключающих загрязнение, резкое колебание влажности, смешивание партий поставки. Таким требованиям отвечают силосные склады, получившие большое распространение. Их типовые проекты существуют для заводов производительностью 15; 25; 50 и 110 тыс. м³ сборных железобетонных изделий в год, которые предусматривают хранение заполнителей в силосах с кольцевым и линейным их расположением при суммарной вместимости соответственно 650; 1 000; 2 000 и 4 000 м³ и диаметрах силосов 3; 5; 7 и 10 м.

Расположенные по кольцу семь силосов образуют в центре шахту, используемую для размещения элеватора, который из разгружаемого транспорта или любого силоса может выдать на ленточный конвейер и направить в бетоносмесительное отделение до 130 т материалов в течение одного часа.

Существуют автоматизированные силосно-кольцевые склады заполнителей, служащие для разгрузки и хранения до семи сортов песка, щебня, гравия. Заполнители поступают на завод железнодорожным транспортом в полувагонах, хопперах и на платформах, а также автотранспортом.

Обогрев заполнителей по способу конвективного теплообмена может производиться как в штабелях или специальных бункерах, так и в сушильных барабанах, для чего требуется, особенно в случае обогрева песка, предварительное оттаивание его на складе. Применяемые для этой цели сушильные барабаны диаметром 1,2 м и длиной до 6...8 м обладают производительностью по песку 35...50 м³/ч. Выгрузка смерзшихся заполнителей осуществляется с помощью буферофрезерных рыхлителей или виброрыхлителей, которые восстанавливают сыпучесть смерзшихся заполнителей.

Бурофрезерная рыхлительная машина БРМ-56А состоит из портала, расположенного над приемным бункером, и каретки с рыхлительными механизмами, передвигающейся вверх и вниз в направляющих портала (рис. 9.26). Общие габариты четырех фрез-буров по ширине соответствуют ширине вагона.

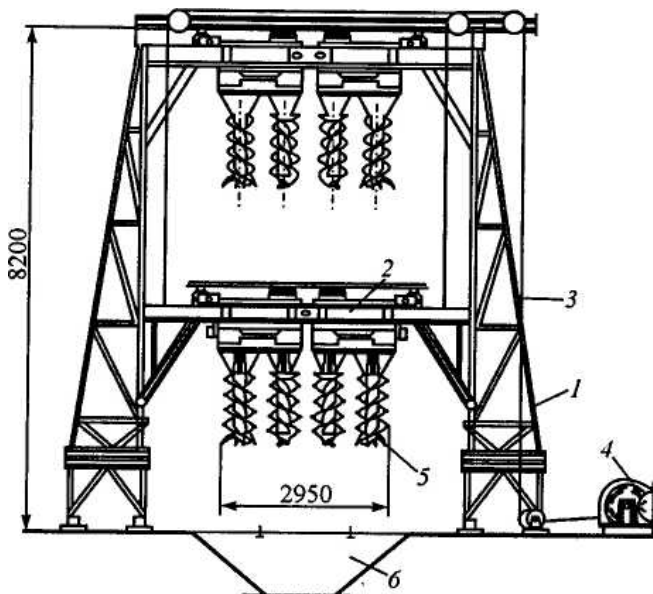


Рис. 9.26. Бурорыхлительная машина:

- 1 – направляющие каретки портала; 2 – лебедка подъема каретки; 3 – трос;
 4 – блоки; 5 – каретки; 6, 7 – электродвигатели; 8 – буферорезательные барабаны;
 9 – боковые стенки кузова гондолы; 10 – приемный бункер

При подаче вагона со смерзшимся наполнителем под бурофрезерную машину рыхлительное устройство опускается, а фрезы-буры, пробуравливая материал, разрыхляют его и сбрасывают в приемный бункер. По окончании вертикальной проходки наполнителя включают тяговую электролебедку для подачи вагона под непрерывное боковое фрезерование. После разгрузки вагона каретки с фрезами поднимают на такую высоту, чтобы под ними мог пройти вагон и при помощи маневровой лебедки под портал устанавливают следующий вагон.

Виброрыхлители состоят из массивной плиты, на которой закреплены вибраторы, а снизу расположены штыри крестообразного сечения.

Виброрыхлитель с помощью любого подъемного механизма опускают на смерзшийся материал, находящийся в вагоне, и включают вибратор. Под действием вибрации и собственного веса механизма штыри виброрыхлителя погружаются в смерзшийся материал. Рыхление смерзшихся заполнителей в одном вагоне длится 10...20 мин. Выгрузка разрыхленных заполнителей из вагона производится гравитационным способом или при помощи разгрузочных машин.

9.4. Склады химических добавок

В производстве бетонных и железобетонных изделий применяют химические добавки как в жидком, так и в порошкообразном виде.

Жидкие добавки поступают на склад в железнодорожных цистернах в виде раствора 20...30 %-ной концентрации и разгружаются самотеком в стационарный резервуар, установленный вплотную к ветке железной дороги. В зимнее время предусмотрен подогрев железнодорожной цистерны глухим паром при помощи переносного пароперегревателя, опускаемого внутрь цистерны.

Из сливного резервуара жидкая добавка подается насосом в резервуар для хранения (емкостью до 50 м³).

Возможно использование двух или четырех подобных резервуаров. Добавка по мере необходимости подается насосом в приготовленный бак, где достигается требуемая рабочая концентрация раствора. Приготовительный бак оборудован лопастной мешалкой, указателями уровня и концентратом, который автоматически контролирует концентрацию раствора. Приготовленная добавка 5 %-ной концентрации водного раствора закачивается насосом в расходные баки емкостью 2...3 м³, оборудованные указателями верхнего и нижнего уровня и плотномерами.

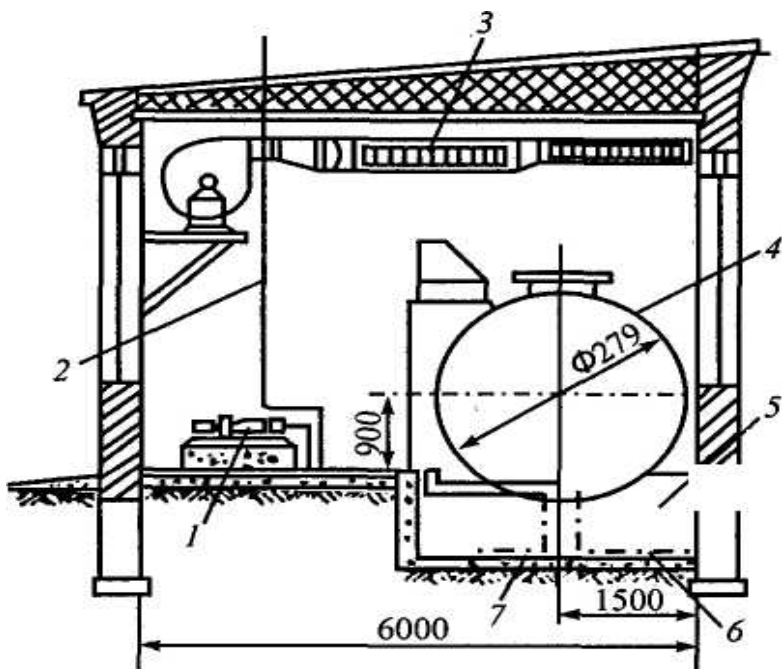


Рис. 9.27. Отделение для хранения добавки:
 1 – насос; 2, 6, 7 – трубопроводы; 3 – система аспирации;
 4 – резервуар с добавкой; 5 – паронагреватель

Порошкообразные добавки поступают на завод в мешках автотранспортом, разгружаются с автомашин на самоходные тележки и хранятся до употребления в помещении склада.

Склады химических добавок должны удовлетворять следующим требованиям:

- для каждого вида добавки должна быть предусмотрена автономная трасса от узла приема до отделения приготовления раствора;

- все трубопроводы и резервуары, расположенные вне отапливаемых помещений, снабжаются защитной тепловой изоляцией;

- по трассе и в резервуарах необходимо использовать средства для отопления и удаления грязевых и нерастворимых осадков;

– должна быть предусмотрена защита от коррозирующего воздействия химических добавок на металлы (например, путем введения в добавку соответствующих ингибиторов), либо максимальное применение коррозионно-стойких материалов (стекловолокно, полимеры), а также футеровка полиэтиленом стальных трубопроводов и резервуаров.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные требования бесперебойной работы складов.
2. От чего зависит количество хранимых на складах материалов?
3. Назовите способы оттаивания крупного заполнителя.
4. Каким требованиям должны удовлетворять склады химических добавок?
5. Приведите классификацию складов заполнителей по способу складирования.
6. Какой вид транспорта используется для транспортирования цемента из склада к бетоносмесительной установке?
7. Какой вид транспорта используют для подачи заполнителей из склада к бетоносмесительной установке?

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА

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

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.

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

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

В разделе «Выбор способа производства и разработка технологической системы» обосновывают 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 технологического 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).

Технологическую схему сопровождают описанием назначения каждой технологической операции. В полном объеме раскрывают сущность тех операций, по которым выполнены технологические расчеты.

В разделе «Расчет производительности предприятия» приводят 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 262.

Производительность основных подразделений для данного технологического процесса рассчитывают с учётом технологических потерь (0,5...1,0 %). 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.

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

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

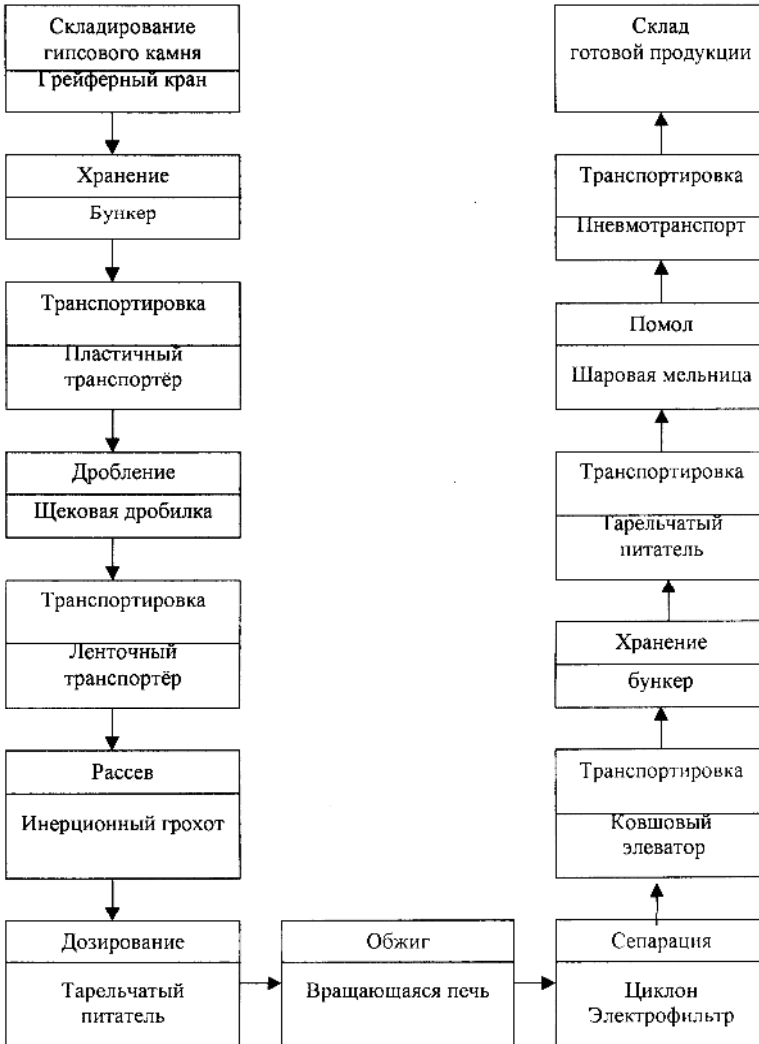
ЛИТЕРАТУРА

1. Ерёмин, Н.Ф. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов / Н.Ф. Ерёмин. – М.: Высшая школа, 1985. – 280 с.
2. Борщ, И.М. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов / И.М. Борщ. – Киев: Высшая школа, 1981.
Спиваковский, А.О. Транспортирующие машины / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.
4. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / С.Г. Силенок, А.А. Борщевский, Н.Н. Горбруец. – М.: Машиностроение, 1990. – 412 с.
5. Борщевский, А.А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий / А.А. Борщевский, А.С. Ильин. – М.: Высшая школа, 1987.
6. Бауман, В.А. Механическое оборудование предприятий строительных изделий и конструкций / В.А. Бауман [и др.]. – М.: Машиностроение, 1981.
7. Езерский, А.В. Механическое оборудование заводов сборного железобетона / А.В. Езерский [и др.]. – Минск: Высшая школа, 1977.
8. Михайлов, К.В. Справочник по производству сборных железобетонных изделий / К.В. Михайлов, А.А. Фоломеев. – М.: Стройиздат, 1982.
9. Гальперин, М.И. Строительные машины / М.И. Гальперин, Н.Г. Домбровский. – М.: Высшая школа, 1980.
10. Спиваковский, А.О. Транспортирующие машины / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – М.: Машиностроение, 1968. – 503.
- Конвейеры: справочник / под ред. Ю.А. Пертена. – Л.: Машиностроение, 1984. – 366 с.
12. Машины непрерывного транспорта: справочник / под общ. ред. В.И. Плавинского. – М.: Машиностроение, 1969. – 718 с.

13. Перегрузочные устройства: справочник / под ред. Ю.П. Лайкина, А.Р. Малковича. – Л.: Машиностроение, – 1984. – 224 с.
14. Большой энциклопедический словарь: 2-е изд. – М., СПб., 1998. – 1 456 с.
15. Тихонов, А.Ф. Автоматизированные бетоносмесительные установки и заводы: учеб. пособие / А.Ф. Тихонов, К.М. Королев. – М.: Высшая школа, 1990. – 191 с.
16. Борщевский, А.А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий: учебник для вузов / А.А. Борщевский, А.С. Ильин. – М.: Высшая школа, 1987. – 368 с.
17. Андросов, А.А. Асфальтобетонные заводы / А.А. Андросов, И.А. Засов, Г.Г. Зеличенок. – М.: Транспорт, 1968. – 273 с.
18. Бауман, В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций: учебник для вузов / В.А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов. – М.: Машиностроение, 1975. – 351 с.
19. Королев, К.М. Вибрационные смесители для приготовления бетонных и растворных смесей / К.М. Королев, М.М. Аракельянц. – М.: Стройиздат, 1961. – 55 с.
20. Десов, А.Е. Вибрированный бетон / А.Е. Десов. – М.: Госстройиздат, 1956. – 229 с.
21. Ефремов, И.М. Интенсификация процесса и выбор параметров роторно-вибрационного смесителя: Дис. ... канд. тех. наук. – Л., 1985. – 250 с.
22. Урьев, Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы / Н.Б. Урьев. – М.: Химия, 1980. – 320 с.
23. Куннос, Г.Я. Вибрационная технология бетона / Г.Я. Куннос. – Л.: Стройиздат, 1967. – 168 с.
24. Лещинский, А.В. Основы теории и расчета оборудования бетоносмесительных установок: учеб. пособие / А.В. Лещинский. – Хабаровск: ХабГТУ, 1998. – 112 с.
25. Поскребышев, В.А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий: учеб. пособие / В.А. Поскребышев, Т.Н. Радина, И.М. Ефремов. – Братск: БрГТУ, 2002. – 124 с.

26. Ефремов, И.М. Машины для производства цементобетонных и асфальтобетонных смесей: учеб. пособие / И.М. Ефремов, В.А. Поскребышев. – Братск: ГОУ ВПО «БрГТУ», 2003. – 110 с.
27. Кузнецов, В.С. Пневмотранспорт деревообрабатывающих предприятий. Аспирационные установки: учеб. пособие / В.С. Кузнецов. – Братск, 2004. – 432 с.
28. Герасимов, С.В. Краткий справочник для расчета грузо-подъемных машин / С.В. Герасимов, А.М. Долотов, Ю.Н. Кулаков. – Братск: ГОУ ВПО «БрГТУ», 2003. – 103 с.
29. Завадский, В.Ф. Керамические стеновые материалы (сырье, технология): учеб. пособие / В.Ф. Завадский, Э.А. Кучерова. – Новосибирск: НГАСУ, 2002. – 84 с.
30. Стороженко, Г.И. Механическая активация сырья как способ повышения эффективности метода полусухого прессования кирпича / Г.И. Стороженко [и др.] // Строительные материалы. – 1997. – № 8. – С.19–20.
- Кондратенко, В.А. Керамические стеновые материалы: оптимизация их физико-технических свойств и технологических параметров производства / В.А. Кондратенко. – М.: Композит, 2005. – 512 с.
32. Оборудование для производства строительных материалов и работ: справочник / гл. ред. А.Д. Жуков. – М.: Стройинформ, 2006. – 440 с.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА
ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА**



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВ

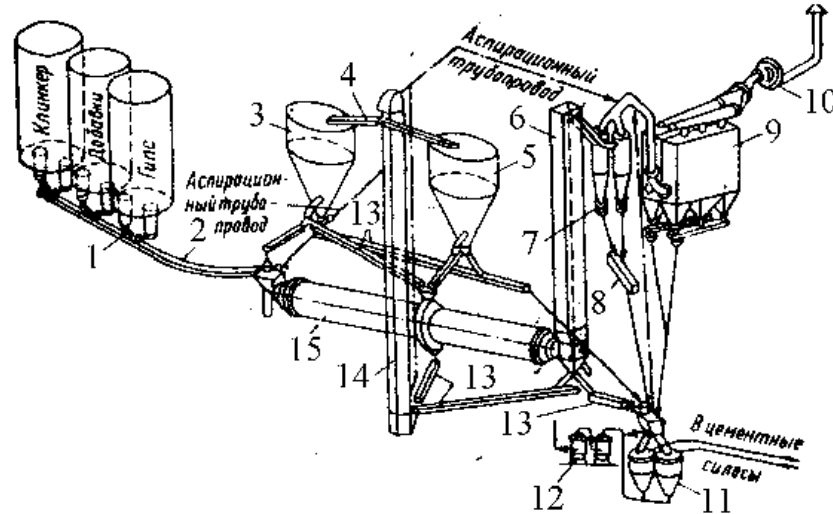


Рис. П.2.1. Технологическая схема производства портландцемента:

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

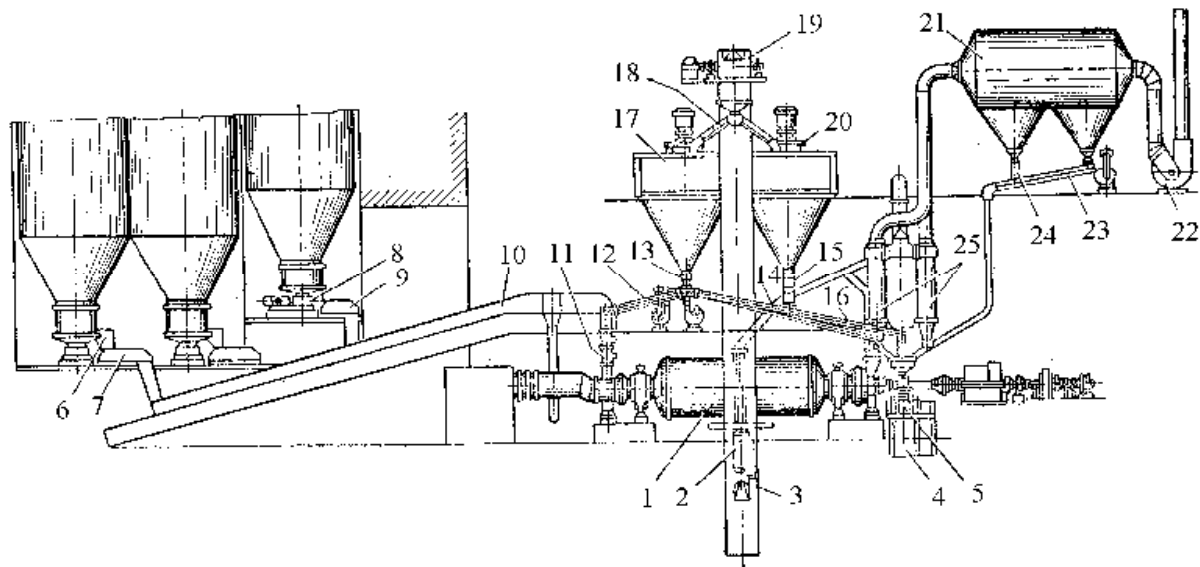


Рис. П.2.2. Схема помольного агрегата с мельницей $3,2 \times 8,5$ м для помола сырья с подсушкой:
 1 – сепараторная мельница $3,2 \times 8,5$ м; 2 – электромагнитный сепаратор; 3 – элеватор; 4 – фильтр для обезвоживания воздуха; 5 – пневмокамерный насос; 6 – питатель известняка; 7, 9 – весоизмерители; 8 – питатель глины;
 10 – ленточный конвейер; 11 – шлюзовой 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

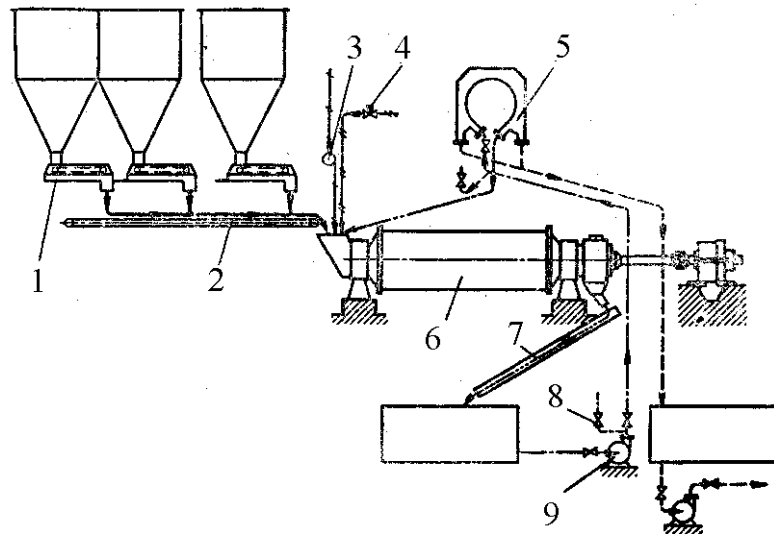


Рис. П.2.3. Схема помольного агрегата с мельницей $3,2 \times 8,5$ м и дуговым гидрокласификатором:
 1 – дозатор; 2 – ленточный конвейер; 3 – дозатор для подачи интенсификатора помола; 4 – система подвода воды;
 5 – гидрокласификатор; 6 – мельница $3,2 \times 8,5$ м; 7 – шламопровод; 8 – запорный вентиль

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 1 200 кг/м³.

Методика расчета производительности предприятия

Расчет производительности предприятия выполняется в соответствии с технологической схемой, разработанной в курсовом проекте, и режимом работы, принятым на данном предприятии.

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

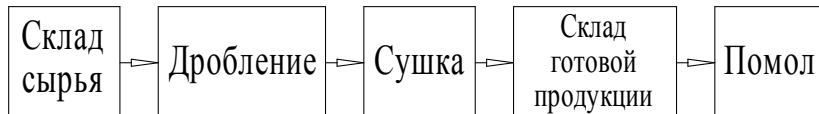


Рис. П.3. Технологическая схема процесса помола опоки

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

Количество рабочих часов в году составит: $8 \cdot 2 \cdot 262 = 4\,192$ 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);

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

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

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

где $P_{\text{год}}$, $P_{\text{сут}}$, $P_{\text{см}}$, $P_{\text{час}}$ – 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:

$$P_{\text{год}} = 185 \text{ т (задание)}$$

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

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

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

Результаты вычислений сводим в табл. П.3.

Таблица П.3

Расчёт производительности предприятия

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

Приложение 4

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕМЕНТОВ И УЗЛОВ ПРИВОДОВ ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ МАШИН

Таблица П.4.1

Скорость лент при наличии загрузочных питателей

Грузы	Скорость лент в м/с при ширине ленты в мм					
	650	800...1 000	1 200	1 400	1 600...1 800	2 000...2 400
Крупнокусковые, очень абразивные (руда)	2,5	2,5	2,7	2,7	2,7	2,7
Рядовые, хрупкие (уголь)	3,5	3,5	3,5	3,8	4,0	5,0
Мелкокусковые (щебень)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0
Зернистые (песок)	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,6

Таблица П.4.2

*Максимальная скорость ленты
при разгрузке двусторонним плужковым сбрасывателем*

Насыпные грузы	Скорость ленты в м/с для грузов		
	мелкокусковых и порошкообразных	среднекусковых	крупнокусковых
Тяжелые и особо тяжелые	1,6	1,0	0,8
Среднего веса и легкие, неабразивные	1,6	1,25	1,25

Таблица П.4.3

*Скорость ленты при разгрузке транспортируемого материала
через головной барабан*

Насыпные грузы	Скорость ленты, м/с, при ширине ленты, мм				
	400	500	650	800...1 000	1 200...1 600
Неабразивные и малоабразивные, крошение которых не понижает их качества (уголь рядовой, торф, соль). Абразивные порошкообразные и зернистые (песок)	1,1...1,5	1,5...2,0	1,75...2,5	2,0...3,0	2,25...3,0
Абразивные мелкие и среднекусковые (гравий, горная порода, руда, шлаки, зола)	1,0...1,25	1,25...1,5	1,5...2,0	1,75...2,5	2,0...2,5
Абразивные крупнокусковые (камень, горная порода, руда). Грузы, крошение которых понижает их качество (кокс, уголь сортированный)	1,1...1,5	1,25...1,75	1,5...1,75	1,5...1,75	1,5...1,75
Зерновые тяжелые (рожь, пшеница)	1,5...2,0	2,25...3,0	2,25...3,0	2,5...4,0	3,0...4,0
Зерновые легкие (овес)	1,5...2,0	2,25...3,0	2,25...3,0	2,5...3,0	2,5...3,0
Пылевидные в условиях недопустимости пыления	0,8...1,0	0,8...1,0	0,8...1,0	0,8...1,0	0,8...1,0

Таблица П.4.4

Скорость ленты конвейеров для штучных грузов

Транспортируемые грузы	Скорость ленты, мм/с	
	наиболее употребительная	максимальная
Почта, газеты, посылки в мешках весом до 15 кг	0,5...0,8	1,5
Мука и зерно в мешках, рулоны бумаги, цемент и известь в мешках	0,3...0,5	1,6
Чемоданы, тяжелый багаж, бочки	0,2...0,4	1,0

Таблица П.4.5

Характеристика конвейерных лент

Тип ленты	Марка	Предел прочности на разрыв одной прокладки K_p , кг/см	Диаметр приводного барабана D_6 , мм (i -число прокладок)	Тип ленты	Марка	Предел прочности на разрыв одной прокладки K_p , кг/см	Диаметр приводного барабана D_6 , мм (i -число прокладок)
Хлопчатобумажная	Б-820; ОПБ-5; ОПБ-12	55 115	(125...150) i (160...200) i	Капроновая	К-8-3Т; К-10-2-3Т	300	(220...240) i
Лавсанохлопчатобумажная	ЛХ-120	120	(170...180) i	Аидная	А-12-3	300	800 при $i = 5$ 1 000 при $i = 6$ 1 250 при $i = 8$ 1 600 при $i = 9$ 2 000 при $i = 10$
Капроновая	К-4-3	150 180 200	(160...170) i (180...200) i (180...200) i	Резинопровосная	РТЛ-1500 РТЛ-2500 РТЛ-3150 РТЛ-3500	1 500 2 500 3 150 3 500	800...1 000 1 250 1 250...1 600 1 600...2 000

Таблица П.4.6

Рекомендуемая толщина обкладок прорезиненной ленты

Грузы	Толщина обкладок, мм	
	С грузовой стороны ленты δ_m	С опорной стороны ленты $\delta_{оп}$
Насыпные грузы		
Зернистые, порошкообразные и пылевидные, неабразивные (зерно, пылевидный уголь)	1,5...2,0	1,0
Мелкокусковые, зернистые, порошкообразные и пылевидные, абразивные (цемент, песок, формовочная земля, гравий, кокс)	1,5...3,0	1,0
Среднекусковые, тяжелые, средние по весу и легкие, малоабразивные (каменный уголь, торфяные брикеты)	2,0...3,5	1,0
Те же – абразивные (крупный гравий, клинкер, камень, горная порода, каменная соль, щебень)	4,5...6,0	1,0
Крупнокусковые, весьма тяжелые (марганцевая руда, бурый железняк)	6...10	1,5
Штучные грузы		
Легкие в бумажной и тканевой упаковке (посылки, пакеты, книги)	1,0...1,5	1,0
Тяжелые в мягкой таре (мешки, кули, тюки)	1,5...3,0	1,0
В жесткой таре весом до 15 кг (ящики, бочки, корзины)	1,5...3,0	1,0
То же, весом более 15 кг (ящики, бочки, корзины)	1,5...4,5	1,0...1,5
Без упаковки (детали машин, керамические изделия)	1,5...6,0	1,0...1,5

Таблица П.4.7

Толщина прокладок лент δ_n

Тип ленты	Марка	Значение δ_n для лент, мм	
		с резиновой прослойкой	без резиновой прослойки
Хлопчатобумажная	Б-820	1,5	1,25
	ОПБ-5 ОПБ-12	1,9	1,5
Капроновая	К-4-3	1,25	0,9
	К-8-3Т К-10-2-3Т	1,8	1,4
Аидная	А-12-3	1,8	1,4

Таблица П.4.8

Размеры роlikоопор желобчатых и прямых, мм

Ширина ленты B	Диаметр ролика D_p	Длина ролика		Наибольшая ширина несущей конструкции E	A	A_1	H
		L	L_1				
400	69; 89	500	160	700	$\frac{130}{80}$	$\frac{170}{120}$	$\frac{190}{157}$
500		600	200	800	$\frac{130}{80}$	$\frac{170}{120}$	$\frac{150}{157}$
650	63; 89; 108	750	250	950	$\frac{130}{80}$	$\frac{170}{120}$	$\frac{190}{157}$
800		950	315	1 150	$\frac{170}{80}$	$\frac{170}{120}$	$\frac{190}{187}$
1 000	89; 108; 133	1 150	380	1 350	$\frac{170}{80}$	$\frac{230}{140}$	$\frac{240}{187}$

Примечание. Число в числителе соответствует желобчатым, в знаменателе – прямым роlikоопорам.

Таблица П.4.9

Характеристика роlikоопор

Ширина ленты, мм	Желобчатые роlikоопоры								Прямые роlikоопоры			
	Тяжелые			Нормальные			Легкие		Нижние		Верхние	
	Диа- метр, мм	α^0		Диа- метр, мм	α^0		Диа- метр, мм	α^0	Нор- маль- ные	Легкие	Нор- маль- ные	Лег- кие
		Диаметр, мм										
400	–	–	–	102	20	30	83	30	102	83	102	83
500	–	–	–	102	20	30	83	30	102	83	102	83
650	–	–	–	102	20	30	83	30	102	83	102	83
800	159	20	30	127	20	30	102	30	127	102	127	102
1 000	159	20	30	127	20	30	102	30	127	102	127	102
1 200	159	20	30	127	20	30	102	30	127	102	127	102
1 400	194	20	30	159	20	30	–	–	159	–	159	–

Таблица П.4.10

Рекомендуемые максимальные расстояния
между роlikоопорами рабочей ветви конвейеров

Объемный вес транспортируемо- го груза, т/м ³	Расстояние между роlikоопорами при ширине ленты, мм					
	500	650	800	1 000	1 200	1 400...1 600
1	1 500	1 400	1 400	1 300	1 300	1 200
1...2	1 400	1 300	1 300	1 200	1 200	1 100
Более 2	1 300	1 200	1 200	1 100	1 100	1 000

Таблица П.4.11

Расстояние между роlikоопорами конвейеров
для мелких штучных грузов

Ширина ленты, мм	Максимальный вес отдельных грузов, кг	Рекомендуемый шаг роlikоопор, мм
400	12	1 400
500	15	1 200
650	20	1 000

Таблица П.4.12

Трехфазные асинхронные короткозамкнутые двигатели
серии 4А (19523-74)

Мощность, кВт	Тип двигателя при синхронной частоте вращения, об/мин		
	1 500	1 000	750
0,25	4АА63А	4АА63В6	АА71В8
0,55	4А71А4	4А71В6	4А80В8
0,75	4А71В4	4А80А6	4А90ЛА8
1,10	4А80А4	4А80В6	4А90ЛВ8
2,20	4А90 L4	4А100L6	4А112МА8
3,00	4А100 S4	4А112МА6	4А112МВ8
4,00	4А100 L4	4А112МВ6	4А132S8
5,50	4А112 M4	4А132S6	4А132М8
7,50	4А132 S4	4А132М6	4А160S8
11,00	4А132 M4	4А160S6	4А160М8
15,00	4А160 S4	4А160М6	4А180М8

Таблица П.4.13

Габаритные и присоединительные размеры двигателей
серии 4А, мм

Тип двигателя	l_1	d_1	l_{30}	l_{31}	l_{10}	b_{10}	d_{10}	d_{30}	h	h_{31}	h_{10}
4АА63	30	14	216	40	80	100	7	130	63	164	7
4А71	40	19	285	45	90	112	7	170	71	201	9
4А80 А	50	22	300	50	100	125	10	186	80	218	10
4А80 В	50	22	320	50	100	125	10	186	80	218	10
4А90 L	50	24	350	56	125	140	10	208	90	243	11
4F100 S	60	28	362	63	112	160	12	235	100	263	12
4F100 L	60	28	392	63	140	160	12	235	100	263	12
4А112 М	80	32	452	70	140	190	12	260	112	310	12
4А132 S	80	38	480	89	140	216	12	302	132	350	13
4А132 М	80	38	530	89	178	216	12	302	132	350	13
4А160 S	110	48	624	108	178	254	15	358	160	430	18
4А160 М	110	48	667	108	210	254	15	358	160	430	18
4А180 М	110	55	702	121	241	279	15	410	180	470	20

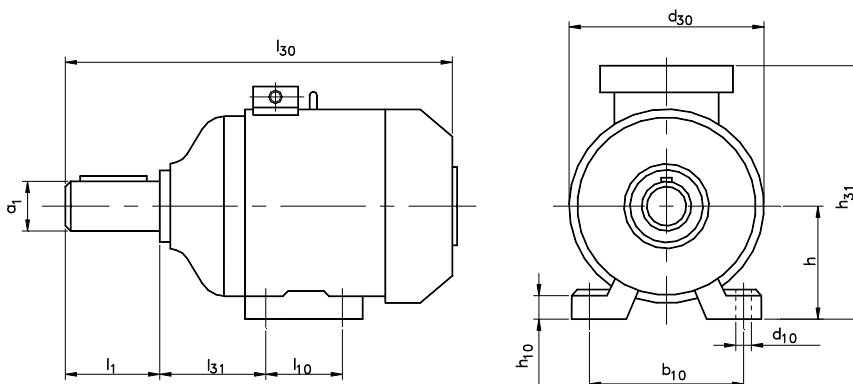


Рис. П.4.1. Схема размеров электродвигателей серии 4А

Таблица П.4.14

Технические данные крановых электродвигателей серии 4МТФ
с фазным ротором 50 Гц, 220/380, 240/415, 400 и 500 В

Тип электро- двигателя	Мощность на валу, кВт, при						Частота враще- ния, мин ⁻¹	Макси- мальный момент, Н·м	Маховый момент ротора, кгс·м ²	Момент инерции ротора, кг·м ²	Вес, Н
	ПВ=15 %	ПВ=25 %	ПВ=40 %	ПВ=60 %	30 мин	60 мин					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МТФ 011-6	2,0	1,7	1,4	1,2	1,4	1,2	800	40	0,085	0,0216	510
							850				
							885				
							910				
МТФ 012-6	3,1	2,7	2,2	1,7	2,2	1,7	785	57	0,115	0,0293	580
							840				
							890				
							920				
МТФ 111-6	4,5	4,1	3,5	2,8	3,5	2,8	850	87	0,195	0,0496	760
							870				
							895				
							920				
ТФ 112-6	6,5	5,8	5,0	4,0	5,0	4,0	895	140	0,270	0,0690	880
							915				
							930				
							950				

Продолжение табл. П.4.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MTF 211-6	10,5	9,0	7,5	6,0	7,5	6,0	895 915 930 945	195	0,460	0,1170	1 200
MTF 311-6	14,0	13,0	11,0	9,0	11,0	9,0	925 935 945 960	320	0,900	0,2290	1 700
MTF 312-6	19,5	17,5	15,0	12,0	15,0	12,0	945 950 955 965	480	1,250	0,3180	2 100
MTF 411-6	30,0	27,0	22,0	18,0	22,0	18,0	945 955 965 970	650	2,000	0,5100	2 800
MTF 412-6	40,0	36,0	30,0	25,0	30,0	25,0	960 965 970 975	950	2,70	0,688	3 450
MTF 311-8	10,5	9,0	7,5	6,0	7,5	6,0	665 680 695 710	270	1,10	0,280	1 700
MTF 312-8	15,0	13,0	11,0	8,2	11,0	8,2	680 695 705 720	430	1,55	0,394	2 100

Окончание табл. П.4.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MTF 411-8	22,0	18,0	15,0	13,0	18,0	15,0	685	580	2,15	0,547	2 800
	700										
	710										
	715										
MTF 412-8	30,0	26,0	22,0	18,0	26,0	22,0	705	900	3,00	0,763	3 450
	715										
	720										
	730										

Таблица П.4.15

Технические данные трехфазных асинхронных крановых электродвигателей серии МТН
с фазным ротором 50 Гц, 220/380, 240/415, 400 и 500 В

Тип электро- двигателя	Мощность на валу, кВт, при						Частота вращения, мин ⁻¹	Макси- маль- ный момент, Н·м	Махо- вый мо- мент ротора, кгс·м ²	Момент инерции ротора, кг·м ²	Вес, Н
	ПВ=25 %	ПВ=40 %	ПВ=60 %	ПВ=10 0 %	30 мин	60 мин					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МТН 111-6	3,5	3,0	2,5	2,0	3,0	2,5	870 895 920 940	85	0,19	0,0496	760
МТН 112-6	5,3	4,5	3,6	3,0	4,5	3,6	885 910 930 940	120	0,27	0,0687	880
МТН 211-6	8,2	7,0	5,6	4,2	7,0	5,6	900 920 940 955	200	0,46	0,117	1 200
МТН 311-6	13,0	11,0	9,0	7,0	11,0	9,0	925 940 955 965	320	0,90	0,229	1 700

Продолжение табл. П.4.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МТН 312-6	17,5	15,0	12,0	9,0	15,0	12,0	945 950 960 965	480	1,25	0,318	2 100
МТН 411-6	27,0	22,0	18,0	14,0	22,0	18,0	950 960 965 975	650	2,0	0,509	2 800
МТН 412-6	36,0	30,0	25,0	18,0	30,0	25,0	955 965 970 980	950	2,7	0,687	3 450
МТН 311-8	9,0	7,5	6,0	4,5	7,5	6,0	675 690 705 715	270	1,1	0,28	1 700
МТН 312-8	13,0	11,0	8,2	6,0	11,0	8,2	690 700 715 725	430	1,25	0,318	2 100

Продолжение табл. П.4.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MTH 411-8	18,0	15,0	13,0	10,0	15,0	13,0	695 705 710 720	580	2,15	0,547	2 800
MTH 412-8	26,0	22,0	18,0	13,0	22,0	18,0	710 715 725 730	900	3,00	0,764	3 450
MTH 511-8	34,0	28,0	23,0	18,0	34,0	28,0	695 705 715 725	1 020	4,30	1,095	4 700
MTH 512-8	45,0	37,0	31,0	25,0	45,0	37,0	695 705 715 725	1 400	5,7	1,450	5 700
MTH 611-10	53,0	45,0	36,0	28,0	53,0	45,0	560 570 575 580	2 360	17,0	4,325	9 000
MTH 612-10	70,0	60,0	48,0	35,0	70,0	60,0	560 565 575 580	3 200	21,0	5,340	10 700

Окончание табл. П.4.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
МТН 613-10	90,0	75,0	60,0	40,0	90,0	75,0	570	4 200	25,0	6,360	12 400
							575				
							580				
							585				
МТН 711-10	125,0	100,0	80,0	65,0	125,0	100,0	580	4 650	41,0	10,45	15 500
							584				
							588				
							592				
МТН 712-10	155,0	125,0	100,0	80,0	155,0	125,0	580	5 800	51,0	13,00	17 000
							585				
							590				
							593				

Таблица П.4.16

Габаритные и установочные размеры электродвигателей МТФ, МТН

Тип электро- двигателя	Размеры, мм														
	b_1	b_{10}	b_{11}	b_{12}	b_{31}	d_1	d_3	d_5	d_{10}	h	h_1	h_5	h_{10}	h_{31}	L_1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
МТФ 011	8	180	230	50	133	28	—	—	19	112	7	31,00	20	302	60
МТФ 012															
МТФ (Н) 111	10	220	290	60	137	35				132	8	38,00		342	80
МТФ (Н) 112															
МТФ (Н) 211	12	245	320	65	158	40			24	160		43,00		385	110
МТФ (Н) 311	14	280	350	75	176	50				180	9	53,50	23	444	
МТФ (Н) 312															
МТФ (Н) 411	18	330	440	90	198	65	59,75	M42×3	28	225	11	64,88	26	527	140
МТФ (Н) 412															
МТН 511	20	380	500	106	212	70	64,75	M48×3	35	250	12	70,38	30	580	
МТН 512															
МТН 611	25	520	650	115	320	90	83,50	M64×4	42	315	14	90,75	50	770	170
МТН 612															
МТН 613															
МТН 711	32	640	790	145	383	110	101,75	M80×4	48	400	18	110,88	55	933	210
МТН 712															
МТН 713															
МТН 713															

Окончание табл. П.4.16

Тип двигателя	Размеры, мм												Концы валов	Вес, Н	
	L_3	L_8	L_{10}	L_{11}	L_{12}	L_{30}	L_{31}	L_{33}	L_{37}	L_{49}	r	t_1			
1	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
MTF 011	–	5	150	200	60	515,5	132	585	64,5	202,5	5	4,00	Цилиндрические	510	
MTF 012			190	240		550,5	127	620		217,5				580	
MTF (H) 111			235	285		70	583,5	140	673	86,5		228,5		760	
MTF (H) 112					623,5		135	713	246,0			880			
MTF (H) 211		8	243	306	70	700,5	150	820	118,5	263,0		5,00		1 200	
MTF (H) 311			260	320	80	748,0	155	859,5	118,0	277,5				5,50	1 700
MTF (H) 312						320	380	823,0		170					934,5
MTF (H) 411	105	10	335	395	85	877,0	175	1027	147,0	336,0	5,88	Конические	2 800		
MTF (H) 412			420	480		952,5	165	1102		368,5			3 450		
MTH 511	130	15	310	400	110	1014	151	1164	150,0	396,0	6,38	Конические	4 700		
MTH 512			390	480		1114	271	1264		456,0			5 700		
MTH 611			15	345	446	120	1152	256	1335	189,0			409,0	6,75	9 000
MTH 612	445	546		1252	256		1435	459,0	10 700						
MTH 613				540	640		1347	256	1530		507,0	12 400			
MTH 711	165	18	440	580	155	1423	323	1645	230,0	523,0	8,88	Конические	15 500		
MTH 712			510	650		1493	323	1715		558,0			17 000		
MTH 713			590	730		1573	323	1795		598,0			19 000		

Таблица П.4.17

Технические данные крановых электродвигателей серии МТКФ
с короткозамкнутым ротором 50 Гц, 220/380 и 500 В

Тип электро- двигателя	Мощность на валу, кВт, при						Часто- та вра- щения, мин ⁻¹	Макси- мальный момент, Н·м	Пус- ковой мо- мент, Н·м	Махо- вый момент, кгс·м ²	Мо- мент инер- ции рого- ра, кг·м ²	Вес, Н
	ПВ=15%	ПВ=25%	ПВ=40%	ПВ=60%	30 мин	60 мин						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
МТКФ 011-6	2,0	1,7	1,4	1,2	1,4	1,2	780 835 875 900	42	42	0,08	0,0204	470
МТКФ 012-6	3,1	2,7	2,2	1,7	2,2	1,7	785 835 880 915	67	67	0,11	0,0280	530
МТКФ 111-6	4,5	4,1	3,5	2,8	3,5	2,8	825 850 885 915	105	104	0,18	0,0458	700

Продолжение табл. П.4.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
МТКФ 112-6	6,5	5,8	5,0	4,0	5,0	4,0	845 870 895 920	175	175	0,26	0,0660	800
МТКФ 211-6	10,5	9,0	7,5	6,0	7,5	6,0	800 840 880 910	220	210	0,44	0,1120	1 100
МТКФ 311-6	14,0	13,0	11,0	9,0	11,0	9,0	880 895 910 930	390	380	0,85	0,2165	1 550
МТКФ 312-6	19,5	17,5	15,0	12,0	15,0	12,0	900 915 930 945	600	590	1,20	0,3055	1 950
МТКФ 411-6	30,0	27,0	22,0	18,0	22,0	18,0	905 915 935 950	780	720	1,90	0,4840	2 550
МТКФ 311-8	10,5	9,0	7,5	6,0	7,5	6,0	660 670 690 705	330	320	1,10	0,280	1 550

Окончание табл. П.4.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
МТКФ 312-8	15,0	13,0	11,0	8,2	11,0	8,2	675 690 700 710	510	470	1,55	0,394	1 950
МТКФ 411-8	22,0	18,0	15,0	13,0	18,0	15,0	660 680 695 705	670	650	2,15	0,547	2 550
МТКФ 412-8	30,0	26,0	22,0	18,0	26,0	22,0	675 690 700 710	1000	950	3,00	0,764	3 150

Таблица П.4.18

Габаритные и установочные размеры электродвигателей серии МТКФ

Тип электро- двигателя	Размеры, мм													
	b_1	b_{10}	b_{11}	b_{12}	b_{31}	d_1	d_3	d_5	d_{10}	h	h_1	h_5	h_{10}	h_{31}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
МТКФ 011 МТКФ 012	8	180	230	50	118,0	28	–	–	19	112	7	31,00	20	302
МТКФ 111 МТКФ 112	10	220	290	60	134,0	35				132	8	38,00		342
МТКФ 211	12	245	320	65	156,5	40				160				
МТКФ 311 МТКФ 312	14	280	350	75	180,0	50				24	180	9		
МТКФ 411 МТКФ 412	18	330	440	90	211,0	65	59,75	M42×3	28	225	11	64,88	26	527

Окончание табл. П.4.18

Тип электро- двигателя	Размеры, мм													Концы валов	Вес, Н	
	L_1	L_3	L_8	L_{10}	L_{11}	L_{12}	L_{30}	L_{31}	L_{33}	L_{37}	L_{49}	r	t_1			
1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
МТКФ 011	60	-	5	150	200	60	415,5	132	485	64,5	202,5	5	4,00	Цилиндрические	470	
МТКФ 012				190	240		450,5	127	520		217,5				530	
МТКФ 111	80			235	285		484,5	140	574	86,5	228,5				5,00	700
МТКФ 112				524,5	135		614	246,0	800							
МТКФ 211	110		8	243	306	70	586,0	150	706	118,5	263,0		5,50		1 100	
МТКФ 311				260	320	80	637,0	155	748,3	118,0	277,5				1 550	
МТКФ 312				320	380		712,0	170	823,5		322,5				1 950	
МТКФ 411				335	395	749,0	175	899	336,0	2 550						
МТКФ 412	140	105	10	420	480	85	824,0	165	974	147,0	368,5	10	5,88	Конические	3 150	

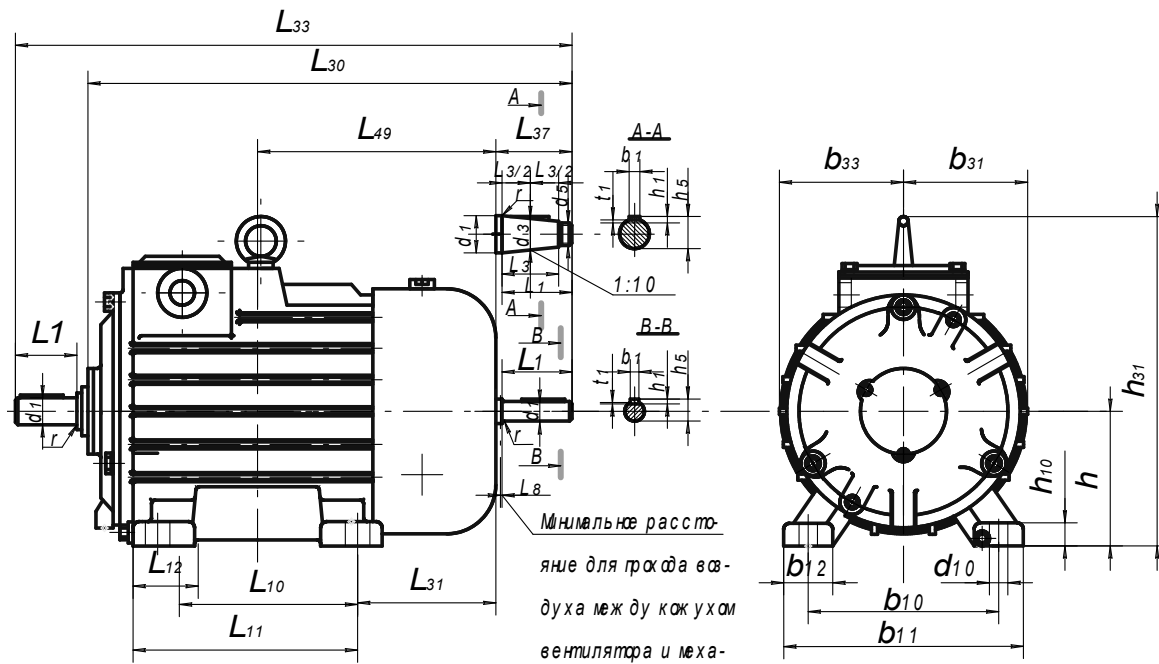


Рис. П. 4.3. Схема размеров электродвигателей серии МТКФ

Таблица П.4.19

Ширина ленты и диаметры барабанов

Ширина ленты, мм	Диаметр приводных барабанов, мм	Диаметр неприводных барабанов, мм				Ширина ленты, мм	Диаметр приводных барабанов, мм	Диаметр неприводных барабанов, мм				
		натяжных	концевых	оборотных	отключающих			натяжных	концевых	оборотных	отключающих	
400	250	200	–	–	Ролик	1 000	500	400	–	–	Ролик	
	400	320	–	250	250		630	500	–	320	320	
500	250	200	–	–	Ролик		800	630	630	500	400	
	400	320	–	250	250		1000	800	800	630	500	
	500	400	400	320	250		1250	1 000	1000	800	630	
650	250	200	–	–	Ролик		1 200	630	500	–	–	Ролик
	400	320	–	250	250			800	630	630	500	400
	500	400	400	320	250			1000	800	800	630	500
	630	500	500	400	320			1250	1 000	1000	800	630
800	400	320	–	–	Ролик			1600	1 250	1250	1000	800
	500	400	–	320	320	1 400		800	630	630	400	400
	630	500	500	400	320		1000	800	800	630	500	
	800	630	630	500	400		1250	1 000	1000	800	630	
	1000	800	800	630	500		1600	1 250	1250	1000	800	

Таблица П.4.20

Установочные и присоединительные размеры барабанов, мм

Ширина ленты B	L	A	L_1	d	H
300	400	520	408	35...40	60
400	500	620	458	35...40	60
500	600	720	515	40...45	60
650	750	870	595	45...50	60
800	950	1 100	760	55...60	70
1 000	1 150	1 300	1 058	55...65	70

Примечание. Высота H может быть изменена в зависимости от конструкции корпуса подшипника.

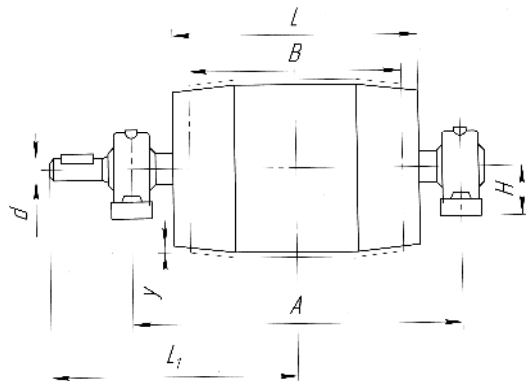


Рис. П. 4.4. Схема размеров барабанов

Таблица П.4.21

Габаритные размеры тележек натяжных грузовых устройств ленточных конвейеров, мм

Ширина ленты B	D_H	A	A_1	B_2	d	A_2	h	h_2	L_1
500	400	800	485	1 054	125	–	140	140	1 070
650	500	970	575	1 234	160	–	160	140	1 250
800	630	1 300	705	1 540	200	900	190	160	1 520
1 000	800	1 410	870	1 800	250	900	230	160	2 000
1 200	800	1 680	930	1 900	250	1 000	230	200	2 180

Примечание. Для лент шириной 800...1 200 мм тележка оттягивается двумя канатами (см. пунктирную линию на рисунке).

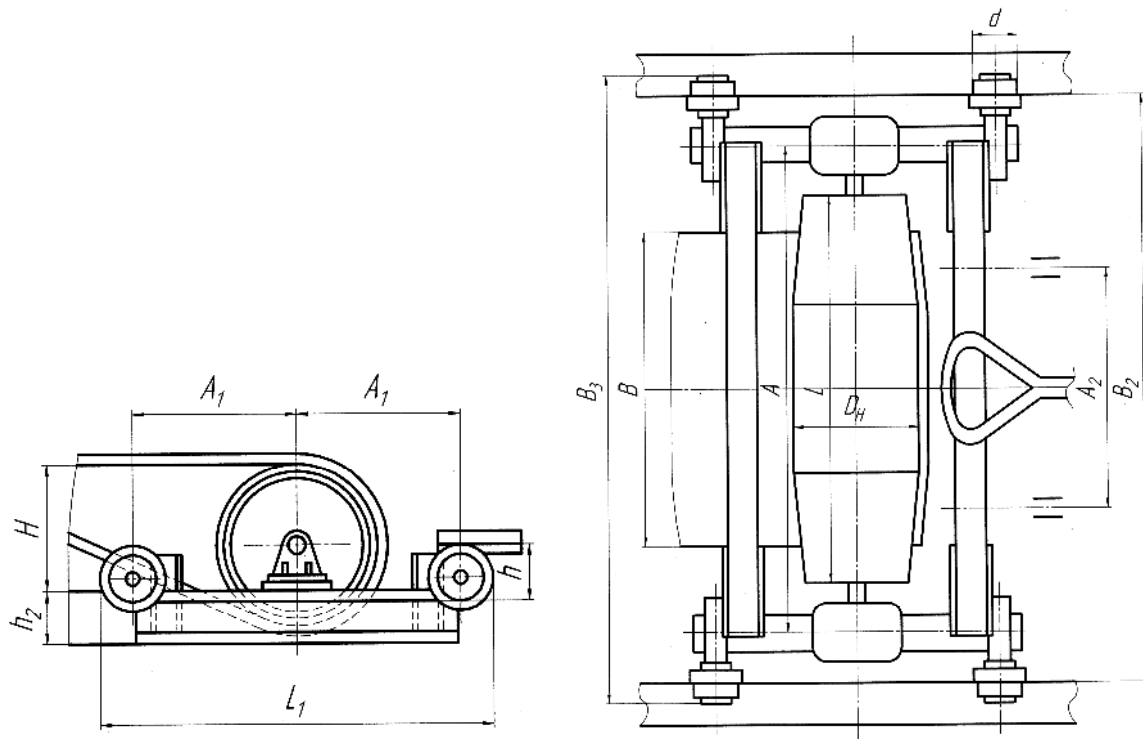


Рис. П. 4.5. Схема тележек натяжных грузовых устройств ленточных конвейеров

Таблица П.4.22

Мощность, подводимая к быстроходному валу редуктора Ц2, кВт

Типоразмер редуктора	Частота вращения двигателя, об/мин	Передаточное число редуктора u_p					
		12,4	16,3	19,8	25,0	32,4	41,3
1	2	3	4	5	6	7	8
Ц2-200	750	11,9	10,5	8,5	7,0	6,0	4,5
		5,4	5,4	5	4,5	3,5	3,2
		3,8	4,0	3,0	2,2	2,0	1,8
	1 000	14,0	12,5	10,5	8,5	7,5	6,0
		6,8	6,4	5,5	4,5	4,0	3,5
		5,0	5,0	4,0	2,7	2,0	1,8
	1 500	18,0	16,0	14,5	13,5	10,0	8,0
		9,0	9,0	7,0	5,5	4,0	4,0
		7,0	6,0	5,5	4,0	2,5	2,5
Ц2-250	750	25,0	18,5	15,0	12,5	10,5	7,5
		16,0	13,5	11,0	9,4	7,6	5,6
		12,0	8,3	7,3	7,0	4,5	3,5
	1 000	25,0	20,0	17,0	14,0	11,5	9,8
		20,0	17,0	14,0	12,0	9,3	7,3
		14,0	10,0	9,0	7,6	5,0	4,2
	1 500	40,0	32,0	27,5	22,5	17,0	13,0
		25,0	23,8	19,0	16,5	12,0	10,0
		18,0	14,0	12,0	10,0	7,0	5,5

Окончание табл. П.4.22

1	2	3	4	5	6	7	8
Ц2-300	750	33,5	29,0	24,0	19,0	14,5	11,5
		29,5	21,6	17,8	16,0	10,4	8,3
		19,6	13,3	11,6	11,0	8,0	5,5
	1 000	35,5	31,5	29,0	20,0	18,0	14,0
		31,2	25,0	21,0	18,0	14,6	11,6
		24,4	16,0	14,0	11,5	10,0	7,3
	1 500	53,0	43,0	40,0	33,0	27,5	21,0
		40,0	31,6	27,0	21,2	19,3	14,0
		29,0	20,6	20,0	16,2	13,5	9,0
Ц2-350	750	55,0	44,0	36,0	30,0	20,0	18,5
		43,0	32,0	26,5	22,0	16,6	13,4
		29,0	19,5	17,7	16,6	12,9	8,4
	1 000	62,0	47,0	43,5	36,0	27,5	22,0
		50,0	37,0	33,5	27,0	22,0	17,3
		33,0	24,0	21,0	18,0	15,6	10,2
	1 500	96,0	71,0	59,0	54,0	40,0	31,5
		70,0	51,4	43,7	39,5	30,2	25,0
		43,0	29,0	26,0	24,0	21,5	13,3

Таблица П.4.23

Габаритные и присоединительные размеры редукторов Ц2, мм

Типоразмер	a_T	a_B	A	A_1	$B_1 = B$	B_2	L	L_1	L_3	L_5	L_6	L_7	H_0	H	D
Ц2-200	125	75	190	230	230	140	434	325	185	172	222	230	140	266	17
Ц2-250	150	100	210	285	260	167	515	400	220	198	255	280	160	310	22
Ц2-300	175	125	250	350	300	202	620	475	255	287	280	300	190	362	26
Ц2-350	200	150	280	200	330	228	780	550	300	255	320	345	212	409	26
Ц2-400	250	150	320	250	380	256	805	640	325	280	350	375	265	505	33

Таблица П.4.24

Параметры двухступенчатых цилиндрических редукторов Ц2У (ГОСТ 20758–75)

Типоразмер редуктора	Межосевые расстояния, мм		Номинальные передаточные числа u_p	Номинальный крутящий момент на тихоходном валу, Н·м
	тихоходной ступени a_T	быстроходной ступени a_B		
Ц2У-100	100	80	8; 10	250
Ц2У-125	125	80	12,5; 16	500
Ц2У-160	160	100	18; 20; 22,4; 25	1000
Ц2У-200	200	125	28; 31; 5;	2000
Ц2У-250	250	160	35,5; 40	4000

Таблица П.4.25

Габаритные и присоединительные размеры редукторов Ц2У, мм

Типоразмер редуктора	L	L_1	l	l_1	l_2	l_3	H	H_1	A	A_1	B	d	d_1	d_2
Ц2У-100	387	325	136	85	136	165	200	112	290	109	160	35	20	15
Ц2У-125	450	375	160	106	145	206	272	132	335	125	180	45	20	19
Ц2У-160	560	475	200	136	170	224	345	170	429	140	212	55	25	24
Ц2У-200	690	580	243	165	212	280	425	212	515	165	250	70	30	24
Ц2У-250	825	730	290	212	265	335	530	265	670	218	300	90	40	28

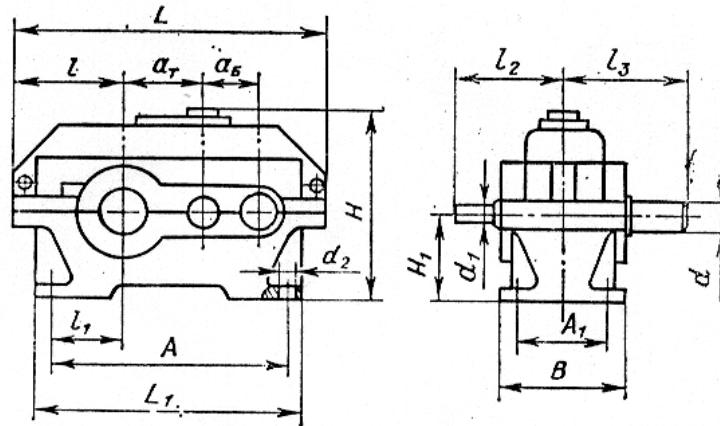


Рис. П. 4.7. Схема размеров редукторов Ц2У

Таблица П.4.26

Основные размеры и вес редукторов Ц2-250; Ц2-300; Ц2-350; Ц2-400; Ц2-500; Ц2-650; Ц2-750

Типоразмер редуктора	Размеры, мм													
	A_C	A_B	A_T	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	B	B_1	B_2	B_3	B_4	H_0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ц2-250	250	100	150	75	285	—	—	210	260	167	260	60	—	160
Ц2-300	300	125	175	90	350	—	—	250	300	202	300	70	—	190
Ц2-350	350	150	200	100	200	400	—	280	330	228	330	70	—	212
Ц2-400	400	150	250	150	250	500	—	320	380	256	380	85	—	265
Ц2-500	500	200	300	190	320	640	—	360	440	310	440	100	—	315
Ц2-650	650	250	400	190	260	520	515	470	560	404	560	100	284	315
Ц2-750	750	300	450	225	300	—	565	560	650	463	650	120	320	355

Окончание табл. П.4.26

Типоразмер редуктора	Размеры, мм											Количество отверстий	Вес (без масла), Н
	H	H_1	H_2	L	L_1	L_2	L_3	M	M_1	l	d		
1	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Ц2-250	310	18	—	515	400	220	253	182	247	—	22	4	850
Ц2-300	362	22	—	620	475	255	288	215	275	—	26		1 360
Ц2-350	409	25	—	700	550	300	313	238	300	—	33	6	2 040
Ц2-400	505	27	—	805	640	325	358	287	340	—	39		3 170
Ц2-500	598	30	—	985	785	390	413	340	385	—	46	8	5 050
Ц2-650	695	36	95	1270	910	480	473	443	410	515	46		10 900
Ц2-750	783	40	100	1455	1040	570	—	498	445	565	46	8	16 500

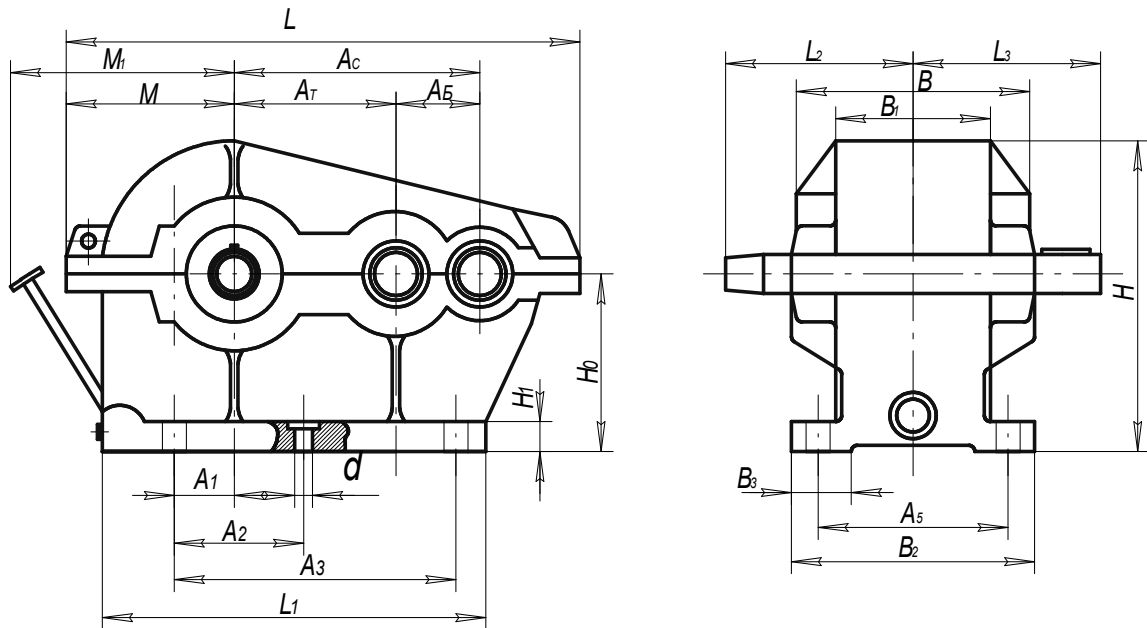


Рис. П. 4.8. Схема размеров редукторов Ц2-250; Ц2-300; Ц2-350; Ц2-400; Ц2-500

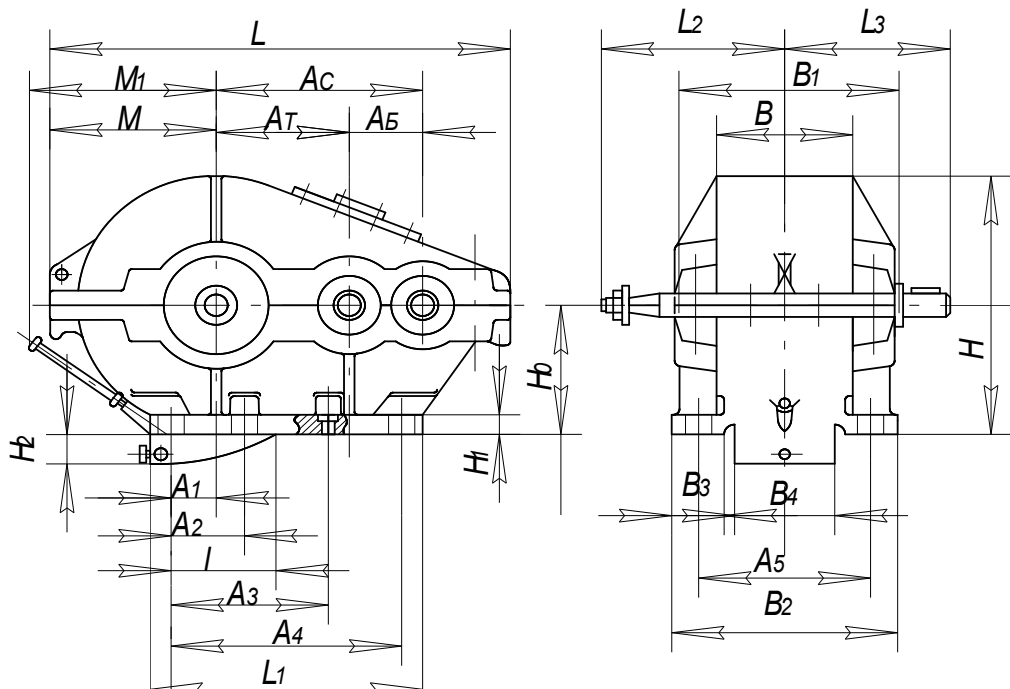


Рис. П. 4.9. Схема размеров редукторов Ц2-650; Ц2-750

Таблица П.4.27

Мощность редукторов, кВт, на быстроходном валу

Типоразмер редуктора	Частота вращения быстроходного вала, мин ⁻¹	Режим работы	Общее передаточное число								
			8,32	9,80	12,41	16,30	19,88	24,90	32,42	41,34	50,94
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ц2-250	600	1М-3М	29,0	25,0	20,5	13,0	11,0	9,5	7,0	6,2	5,2
		4М	19,3	17,1	15,2	11,3	9,4	7,0	5,2	4,2	3,9
		5М	14,2	12,5	9,9	7,2	6,4	5,5	3,6	3,0	2,6
		6М	9,6	8,2	6,7	4,6	4,2	3,6	3,0	2,0	1,7
		НЕПР	7,9	6,7	5,3	3,6	2,9	2,3	1,8	1,2	1,0
	750	1М-3М	33,0	10,5	25,5	18,5	15,0	12,5	10,5	7,5	6,5
		4М	23,0	19,7	16,6	13,5	11,1	9,4	7,6	5,6	4,2
		5М	16,6	14,5	12,3	8,3	7,3	6,9	4,5	3,5	3,0
		6М	12,0	10,1	8,1	5,5	4,9	4,1	3,6	2,4	2,0
		НЕПР	9,1	8,3	6,6	4,5	3,7	2,9	2,2	1,5	1,2
	1 000	1М-3М	37,0	10,5	25,0	20,0	17,0	14,0	11,5	9,8	8,2
		4М	27,1	12,8	20,5	17,3	14,1	11,7	9,2	7,3	6,0
		5М	17,8	15,6	14,1	10,2	8,9	7,6	5,0	4,2	3,5
		6М	14,5	12,1	10,7	7,2	5,9	5,0	4,3	2,9	2,7
		НЕПР	12,0	10,0	8,0	6,0	4,9	3,9	3,0	2,0	1,6
	1 500	1М-3М	56,5	49,5	40,5	32,5	27,5	22,5	17,0	13,0	11,5
		4М	34,0	30,2	25,4	23,8	19,0	16,5	11,9	9,8	8,5
		5М	25,1	21,3	18,3	13,7	12,0	10,1	7,1	5,5	4,7
		6М	22,1	18,6	14,7	9,9	9,0	7,1	5,5	3,8	3,2
		НЕПР	18,1	15,3	12,1	8,1	7,4	5,8	4,5	3,0	2,3

Продолжение табл. П.4.27

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
П2-300	600	1М-3М	38,5	33,0	26,5	23,0	19,0	15,0	11,5	9,5	7,5
		4М	33,6	29,4	24,7	18,0	15,8	12,6	8,3	6,8	5,6
		5М	21,7	19,4	16,4	11,6	10,2	8,8	6,7	4,8	4,2
		6М	15,3	13,1	10,8	7,2	6,8	5,8	4,8	3,3	2,8
		НЕПР	11,6	9,8	7,7	5,8	4,7	3,8	2,3	1,8	1,4
	750	1М-3М	46,0	40,0	33,5	29,0	24,0	19,0	14,5	11,5	10,0
		4М	40,3	35,7	29,5	21,6	17,8	16,1	10,4	8,3	7,4
		5М	26,4	23,3	19,6	13,3	11,6	11,1	7,9	5,5	4,8
		6М	17,4	14,7	12,8	8,7	7,7	6,6	5,8	3,9	3,2
		НЕПР	14,5	12,2	9,7	7,3	6,0	4,8	3,6	2,2	1,2
П2-300	1 000	1М-3М	49,0	43,0	35,5	31,5	29,0	20,0	18,0	14,0	12,5
		4М	44,2	39,7	21,2	25,0	20,6	18,3	14,6	11,6	9,7
		5М	30,6	28,2	24,4	16,2	13,9	11,5	9,7	7,3	6,9
		6М	22,9	19,4	15,3	10,3	9,9	7,8	7,0	4,7	4,4
		НЕПР	16,1	13,6	10,8	8,6	7,0	6,3	4,5	2,8	2,3
	1 500	1М-3М	68,5	62,5	53,0	43,0	40,0	33,0	27,5	21,0	18,5
		4М	55,6	48,2	39,8	31,6	26,5	21,2	19,3	14,0	12,4
		5М	39,6	33,6	28,9	20,6	20,0	16,2	13,5	8,9	7,6
		6М	34,7	29,5	23,3	15,7	12,9	11,3	8,5	5,8	5,2
		НЕПР	24,4	20,1	15,8	14,4	11,7	9,4	6,0	4,2	3,6

Продолжение табл. П.4.27

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ц2-350	600	1М-3М	62,0	54,5	49,5	35,8	30,5	25,7	19,5	15,2	12,5
		4М	45,7	39,6	34,0	26,8	22,3	16,6	12,0	10,2	9,4
		5М	30,4	29,4	25,7	17,2	15,2	13,0	11,0	7,2	6,3
		6М	20,6	17,7	16,1	10,9	10,0	8,6	7,3	5,0	4,2
		НЕПР	17,1	16,0	12,5	8,5	7,0	5,5	4,3	2,9	2,3
	750	1М-3М	76,0	65,0	55,0	44,0	36,0	30,0	20,0	18,5	15,0
		4М	61,0	57,0	43,5	32,0	26,5	22,4	16,6	13,4	11,1
		5М	35,8	31,6	29,2	19,5	17,7	16,6	12,9	8,4	7,3
		6М	26,0	21,8	17,6	13,2	11,5	9,9	8,7	5,9	4,9
		НЕПР	21,4	18,0	14,3	10,7	8,7	6,9	5,4	3,6	2,9
	1 000	1М-3М	80,0	78,0	62,0	47,0	43,5	36,0	27,5	22,0	20,0
		4М	71,9	61,2	50,7	37,1	33,5	27,1	21,8	17,3	14,5
		5М	42,8	39,0	33,0	24,1	21,1	18,1	15,6	10,2	9,0
		6М	34,5	28,6	23,0	15,6	14,0	11,9	10,3	7,1	6,5
		НЕПР	28,7	23,9	19,2	12,9	11,7	9,2	7,1	4,9	3,9
	1 500	1М-3М	134	117,5	96,5	71,0	59,5	54,0	40,0	31,5	27,5
		4М	97,5	84,7	70,0	51,4	43,7	39,5	30,2	24,4	20,4
		5М	59,0	50,0	43,3	28,6	25,6	24,1	21,5	13,3	11,4
		6М	52,0	43,7	34,6	23,4	19,1	15,2	11,8	8,9	7,7
		НЕПР	43,0	36,2	28,7	19,4	15,9	12,6	10,7	7,3	5,9

Продолжение табл. П.4.27

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
П2-400	600	1М-3М	98,0	97,0	80,5	70,0	60,0	49,5	39,0	29,5	24,5
		4М	63,0	55,0	48,4	48,4	43,6	36,6	24,6	20,1	16,3
		5М	47,6	42,4	33,6	33,6	26,1	18,8	12,0	12,0	9,4
		6М	40,5	34,9	29,4	21,3	19,7	16,4	10,0	9,7	8,1
		НЕПР	33,5	28,4	22,4	16,7	13,6	10,9	8,4	5,7	4,6
	750	1М-3М	102,5	102	91,0	86,5	71,5	60,0	48,5	36,5	30,5
		4М	63,5	58,8	53,6	53,6	46,5	38,6	28,9	26,3	19,9
		5М	53,0	45,2	39,2	38,9	30,0	21,6	13,1	13,8	9,8
		6М	48,6	42,7	34,2	25,6	22,6	19,3	12,9	11,5	9,6
		НЕПР	55,6	46,3	37,3	25,2	20,6	18,2	13,6	9,5	7,7
	1 000	1М-3М	138,0	137	111	92,0	77,0	70,5	54,0	43,5	39,7
		4М	72,8	68,5	54,5	54,5	49,4	44,5	34,3	30,1	24,0
		5М	65,0	57,4	43,6	42,8	33,6	26,8	16,8	16,8	11,9
		6М	61,2	52,7	42,2	30,3	24,9	23,2	15,0	13,8	10,0
		НЕПР	55,6	46,3	37,3	25,2	20,6	18,2	13,6	9,5	7,7
	1 500	1М-3М	179,0	178	158	138	116	69,0	80,0	62,0	54,5
		4М	102,0	91,3	81,0	81,0	64,0	49,5	36,8	36,8	31,0
		5М	82,3	70,0	60,8	57,3	47,5	34,3	21,8	21,8	16,9
		6М	81,8	68,3	57,2	45,3	37,3	29,7	20,0	17,4	15,0
		НЕПР	77,4	65,2	56,0	37,7	30,9	24,7	19,0	14,3	11,6

Продолжение табл. П.4.27

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
П2-500	600	1М-3М	210,0	188	152	117	103,5	86,5	66,5	51,0	42,0
		4М	137,0	120	113	82,5	75,2	63,3	42,7	34,5	31,8
		5М	102,0	90,6	77,0	53,3	51,0	44,1	28,7	24,1	20,4
		6М	64,0	54,5	45,0	32,5	31,0	26,6	21,6	13,5	12,0
		НЕПР	57,8	49,0	38,7	26,3	23,6	19,0	14,3	10,0	8,0
	750	1М-3М	245,0	221	187	136	123	103	83,0	64,0	52,5
		4М	163,0	140	112	103	89,2	75,6	52,7	42,2	37,0
		5М	121,0	106,	84,7	61,0	58,7	51,5	32,8	28,4	23,3
		6М	87,5	74,0	59,0	40,0	39,0	33,0	29,3	20,2	16,8
		НЕПР	72,5	61,2	48,4	32,9	29,6	23,6	18,2	12,4	10,0
	1 000	1М-3М	301	257	218	159	134,5	122	100	75,0	67,5
		4М	197	178	143	122	104	91,7	68,6	58,5	49,0
		5М	145	132	103	74,2	65,4	52,8	40,2	37,0	28,5
		6М	115	37	77	52,5	42,5	40,0	35,0	24,0	22,0
		НЕПР	97*	82	64	44	36,0	31,4	24,0	16,5	13,5
	1 500	1М-3М	415	396	324	239	201	166	139	107	94,0
		4М	248	217	189	174	147	116	83	82,2	68,5
		5М	194	169	145	98,7	87,7	74	53,5	44,5	38,3
		6М	160	149	117	80,0	65,4	52	43,4	29,2	26,5
		НЕПР	132*	123*	97	66,0	54,0	43	36,4	25,0	20,2

Окончание табл. П.4.27

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ц2-650	600	1М-3М	368	326	261	217	188	156	124,5	94,5	79,0
		4М	266	240	199	159	137	113	89,5	64,4	58,2
		5М	204	177	148	118	102	83,6	57,3	56,0	41,7
		6М	169	149	123	87,1	80,0	68,5	51,7	39,2	33,4
		НЕПР	141*	122*	100	67,0	55,9	44,5	34,3	23,4	19,1
	750	1М-3М	432	374	321	258	222	187	150,5	125	95,5
		4М	315	264	234	189	162	137	110	84,5	69,8
		5М	220	191	164	148	116	99,5	83,5	63,5	47,1
		6М	206	174	146	101	88,5	77,6	67,6	46,5	38,9
		НЕПР	172*	145*	120*	88,6	68,4	55,6	42,6	29,5	23,8
	1 000	1М-3М	525	470	390	305	274	233	174,5	146	122
		4М	360	315	263	223	198	171	128	107	89,1
		5М	270	238	195	167	149	111	75,7	75,7	55,0
		6М	253	226	188	177	106	91,0	74,3	54,4	48,1
		НЕПР	222*	191*	157*	107	89,4	72,2	56,9	39,0	31,7
	1 500	1М-3М	–	610	530	430	360	310	260	200	170
		4М	–	396	331	314	268	221	162	152	125
		5М	–	308	252	230	197	151	99,6	89,5	73,7
		6М	–	294	230	186	152	125	99,0	69,6	60,8
		НЕПР	–	267*	221*	157*	127*	105	83,1	57,6	47,5

Примечание. Значение мощности, отмеченное звездочкой, может быть реализовано только при наличии специального охлаждения редуктора.

Таблица П.4.28

Основные параметры однорядных роликовых конвейеров, мм

Диаметр ролика, мм		Конвейеры									
обработанного	необработанного	КРО	КРО	КРО	КРО	КРО	КРО	КРО	КРО	КРО	КРО
		160	200	250	300	400	500	650	800	1 000	1 200
		Ширина рамы, мм									
55	57	180	220	270	320	420	520	670	820	1 020	–
73	76	190	230	280	330	430	530	680	830	1 030	–
105	108	–	–	–	340	440	540	690	840	1 040	1 240
155	159	–	–	–	350	450	550	700	850	1 050	1 250

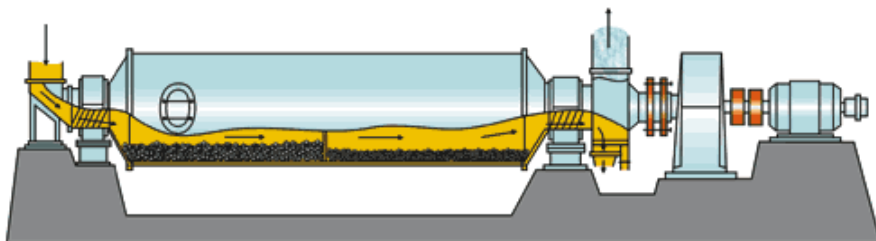
Примечание. Цифры в обозначении конвейера означают его ширину, мм.

Наклон роликовых конвейеров

Род транспортируемого штучного груза	Вес груза, кг	Наклон конвейера, %
Листовая сталь:	30	1,0...1,5
Рихтованная	30	2,0...3,0
Нерихтованная	30	2,0
Рифленая	30	0,5...1,5
Литьё гладкое обработанное	30	3,5...4,0
Чугун в чушках	10...50	1,5...2,5
Заформованные опоки	100...600	0,5...1,5
	100	3,0...4,0
Брусья деревянные	15	4,0
Доски пиленые	15	2,5
	20...100	5,0...7,0
Доски строганные	10...30	2,0...3,0
Автошины	30...150	2,0...2,5
Контейнеры из листового металла	150...500	1,5...2,0
	500...1 000	1,0...1,5
	10...25	2,0...2,5
	25...125	1,5...2,0
Ящики из строганных досок	500...1 200	0,5...1,5
Деревянные поддоны	1,5...3,0	6,0...7,0
	3...8	5,0...6,0
Картонные коробки	8...25	4,0...5,0

Приложение 5 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МАСС

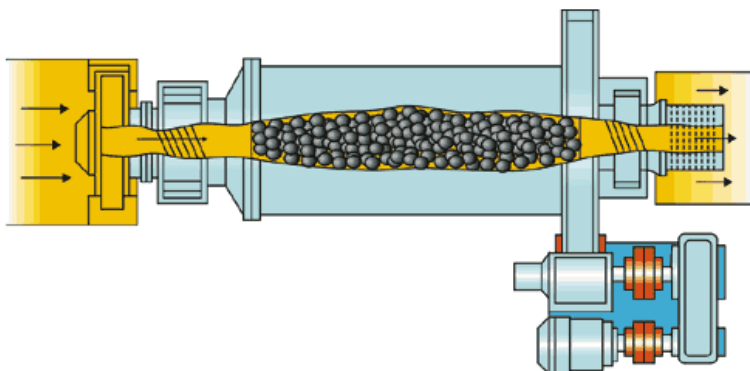
*Таблица П.5.1
Техническая характеристика шаровой мельницы 1456А*



Наименование показателя	Значение
Тип мельницы	Шаровая двухкамерная
Индекс мельницы	1456А
Номинальный рабочий объём барабана, м ³	8
Диаметр барабана внутренний без футеровки, мм	1 512
Длина барабана, мм	5 600
Частота вращения мельницы, об/мин	29
Производительность при помоле известняка средней твердости с остатком на сите № 071-20 %, т/ч	5
Габаритные размеры (длина × ширина × высота) не более, мм	12 000 × 2 600 × 2 300
Масса мельницы с мелющими телами, кг	38 530
Максимальная масса мелющих тел, кг	11 000
Установленная мощность двигателя, кВт	132
Частота вращения двигателя, об/мин	730
Напряжение питания, В	380
Передаточное число редуктора	25

Примечание. Мельница шаровая 1456А предназначена для сухого помола различных рудных и нерудных полезных ископаемых, строительных материалов средней твердости. Мельница относится к типу шаровых барабанных трубчатых мельниц непрерывного действия с центральной выгрузкой продукта помола. Мельница используется в горнорудной, горнохимической и других отраслях промышленности.

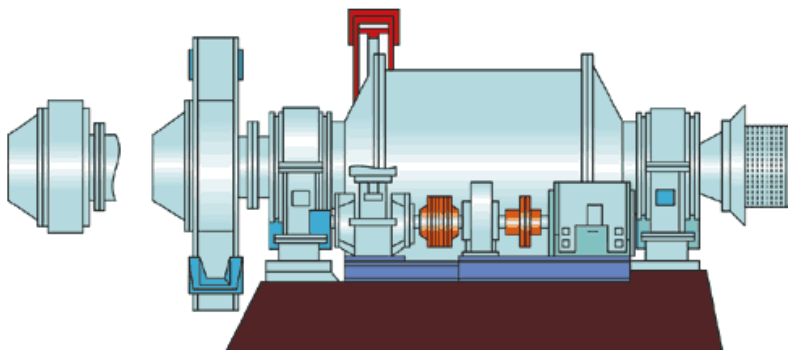
Таблица П.5.2
Техническая характеристика шаровой мельницы СМ6001А



Наименование показателя	Значение
Тип мельницы	Шаровая мокрого помола
Индекс мельницы	СМ 6001А
Номинальный рабочий объём барабана, м ³	4,2
Диаметр барабана внутренний без футеровки, мм	1 500
Длина барабана, мм	3 100
Частота вращения мельницы, об/мин	28
Производительность, т/ч	4...12
Габаритные размеры (длина × ширина × высота) не более, мм	6 300 × 3 600 × 2 600
Масса мельницы без мелющих тел, кг	23 000
Максимальная масса мелющих тел, кг	10 500
Установленная мощность двигателя, кВт	90
Частота вращения двигателя, об/мин	1 480
Напряжение питания, В	380
Передаточное число редуктора	12,5

Примечание. Мельница шаровая СМ6001А предназначена для мокрого измельчения различных рудных и нерудных полезных ископаемых, строительных материалов средней твёрдости. Мельница относится к типу шаровых барабанных мельниц непрерывного действия с центральной выгрузкой продукта помола.

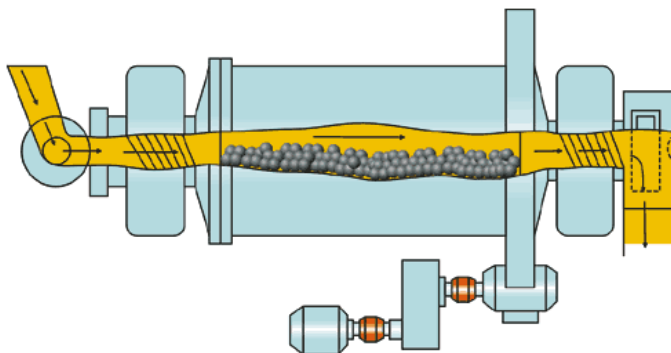
Таблица П.5.3
Техническая характеристика шаровой мельницы СМ6003А



Наименование показателя	Значение
Тип мельницы	МШР
Индекс мельницы	СМ 6003А
Номинальный рабочий объём барабана, м ³	2,2
Диаметр барабана внутренний без футеровки, мм	1 500
Длина барабана, мм	1 670
Частота вращения мельницы, об/мин	28
Производительность, т/ч	0,5...3,0
Габаритные размеры (длина × ширина × высота) не более, мм	4 900 × 3 300 × 2 500
Масса мельницы без мелющих тел, кг	15 500
Максимальная масса мелющих тел, кг	4 800
Установленная мощность двигателя, кВт	55
Частота вращения двигателя, об/мин	1 480
Напряжение питания, В	380
Передаточное число редуктора	12,5

Примечание. Мельница шаровая СМ 6003А с решёткой предназначена для мокрого измельчения различных руд и строительных материалов средней твёрдости.

Таблица П.5.4
Техническая характеристика шаровой мельницы СМ6004А

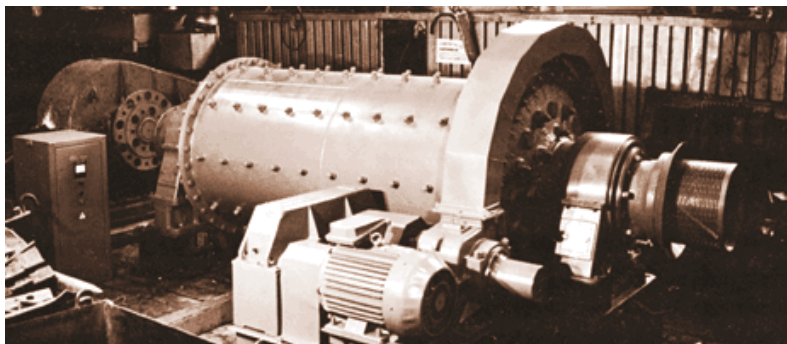


Наименование показателя	Значение
Тип мельницы	МШР
Индекс мельницы	СМ6004А
Номинальный рабочий объём барабана, м ³	2,2
Диаметр барабана внутренний без футеровки, мм	1 500
Длина барабана, мм	1 670
Частота вращения мельницы, об/мин	28
Производительность, т/ч	0,5...3,0
Габаритные размеры (длина × ширина × высота) не более, мм	4 900 × 3 300 × 2 500
Масса мельницы, кг, не более (без мелющих тел)	16 500
Максимальная масса мелющих тел, кг	4 800
Установленная мощность двигателя, кВт	55
Частота вращения двигателя, об/мин	1 480
Напряжение питания, В	380
Передаточное число редуктора	12,5

Примечание. Мельница шаровая СМ 6004А с решёткой предназначена для сухого измельчения различных руд и строительных материалов средней твёрдости.

Таблица П.5.5

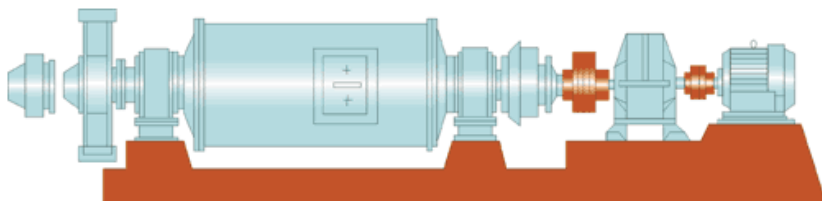
Техническая характеристика стержневой мельницы СМ6002А



Наименование показателя	Значение
Тип мельницы	МСЦ
Индекс мельницы	СМ6002А
Номинальный рабочий объём барабана, м ³	4,2
Диаметр барабана внутренний без футеровки, мм	1 500
Длина барабана, мм	3 100
Частота вращения мельницы, об/мин	25
Производительность при помоле руды твёрдостью 10-12 ед. по шкале Протодяконова, крупности входящих кусков до 40 мм и входящего продукта от 0 до 2,6 мм, т/ч	15...18
Габаритные размеры (длина × ширина × высота) не более, мм	6 300 × 3 500 × 2 500
Масса мельницы, кг, не более (без мелющих тел)	21 000
Максимальная масса мелющих тел, кг	10 500
Установленная мощность двигателя, кВт	90
Частота вращения двигателя, об/мин	1 480
Напряжение питания, В	380
Передаточное число редуктора	12,5

Примечание. Мельница стержневая СМ 6002А с центральной разгрузкой предназначена для мокрого измельчения различных руд и строительных материалов средней твёрдости.

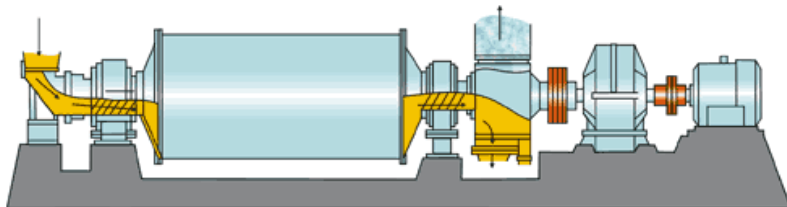
Таблица П.5.6
Техническая характеристика шаровой мельницы СМ6007А



Наименование показателя	Значение
Тип мельницы	МШЦ
Индекс мельницы	СМ6007А
Номинальный рабочий объём барабана, м ³	0,9
Диаметр барабана внутренний без футеровки, мм	900
Длина барабана, мм	1 860
Частота вращения мельницы, об/мин	37
Производительность, т/ч	2
Габаритные размеры (длина × ширина × высота) не более, мм	5 400 × 2 200 × 1 600
Масса мельницы, т, не более (без мелющих тел)	5,2
Максимальная масса мелющих тел, т	1,7
Установленная мощность двигателя, кВт	22
Частота вращения двигателя, об/мин	730
Напряжение питания, В	380
Передаточное число редуктора	20

Примечание. Мельница шаровая СМ 6007А с центральной разгрузкой предназначена для мокрого измельчения различных руд и строительных материалов средней твёрдости.

Таблица П.5.7
Техническая характеристика шаровой мельницы СМ6008А

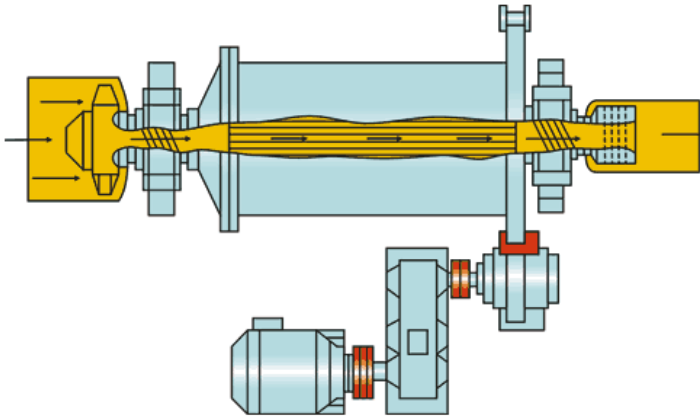


Наименование показателя	Значение
Тип мельницы	шаровая
Индекс мельницы	СМ6008А
Номинальный рабочий объём барабана, м ³	0,9
Диаметр барабана внутренний без футеровки, мм	900
Длина барабана, мм	1 900
Частота вращения мельницы, об/мин	37
Производительность, т/ч	0,3...1,5
Габаритные размеры (длина × ширина × высота) не более, мм	5 320 × 1 190 × 1 035
Масса мельницы, кг, не более (без мелющих тел)	3 950
Максимальная масса мелющих тел, кг	1 700
Установленная мощность двигателя, кВт	18,5
Частота вращения двигателя, об/мин	730
Напряжение питания, В	380
Передаточное число редуктора	20

Примечание. Мельница шаровая СМ 6008А с центральной разгрузкой и решёткой предназначена для сухого измельчения различных руд и строительных материалов средней твёрдости.

Таблица П.5.8

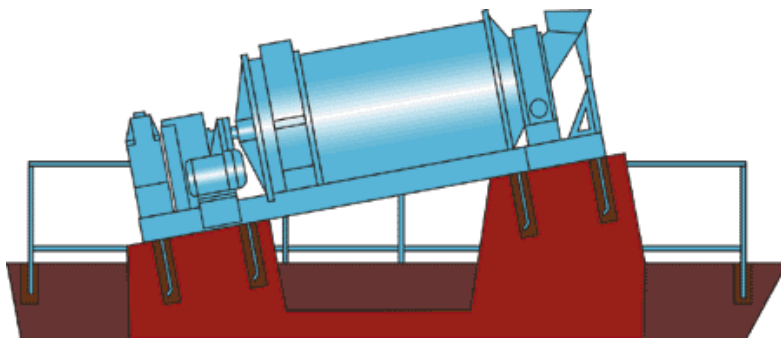
Техническая характеристика стержневой мельницы СМ6005А



Наименование показателя	Значение
Тип мельницы	МСЦ
Индекс мельницы	СМ6005А
Номинальный рабочий объём барабана, м ³	0,9
Диаметр барабана внутренний без футеровки, мм	900
Длина барабана, мм	1 800
Частота вращения мельницы, об/мин	30
Производительность при помоле руды твёрдостью 10...12 ед. по шкале Протодяконова, крупности входящих кусков до 40 мм и входящего продукта от 0 до 2,6 мм, т/ч	15...18
Габаритные размеры (длина × ширина × высота) не более, мм	3 900 × 2 100 × 1 450
Масса мельницы, кг, не более (без мелющих тел)	5 880
Максимальная масса мелющих тел, кг	2 300
Установленная мощность двигателя, кВт	22
Частота вращения двигателя, об/мин	1 480
Напряжение питания, В	380
Передаточное число редуктора	10

Примечание. Мельница стержневая СМ6005А с центральной разгрузкой предназначена для мокрого измельчения различных руд и нерудных полезных ископаемых средней твердости.

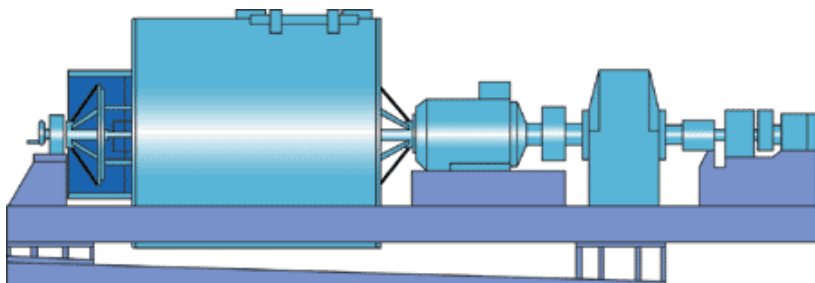
Таблица П.5.9
Техническая характеристика растирателя СММ82



Наименование показателя	Значение
Производительность, т/ч	100
Внутренний диаметр барабана без футеровки, мм	1 500
Длина барабана, мм	3 200
Частота вращения барабана, об/мин	20
Коэффициент заполнения стержнями, не более	0,3
Диаметр стержней, мм	60
Длина стержней, мм	3 100
Габаритные размеры (длина × ширина × высота) не более, мм	6 450 × 2 750 × 2 200
Масса (без смазочного и электрического оборудования, стержневой загрузки), кг	14 720
Масса стержневой загрузки, кг	8 250
Установленная мощность двигателя, кВт	75
Частота вращения двигателя, об/мин	1 500
Угол наклона растирателя-гомогенизатора к горизонту в сторону разгрузки, град	12
Передаточное число редуктора	50

Примечание. Растиратель-гомогенизатор стержневой предназначен для растирания, гомогенизации, доувлажнения смеси в производстве силикатного кирпича.

Таблица П.5.10
Техническая характеристика шаровой мельницы МШ2



Наименование показателя	Значение
Внутренний диаметр барабана, мм	1 350
Длина барабана, мм	1 500
Объем барабана, м ³	2,5
Производительность, кг/ч	200...450
Максимальное количество загружаемого материала, кг	480
Эффективное время выгрузки, мин	15
Постоянный остаток материала в барабане мельницы, кг	60...70
Удельная поверхность материала на выходе, см ² /г	2 000...6 000
Рабочее число оборотов основного привода, об/мин	30
Рабочее число оборотов вспомогательного привода, об/мин	3,3
Мощность, кВт/число об. / Привод мельницы основной (помол, выгрузка), об/мин	37 / 1 470
Мощность, кВт/число об. / Привод мельницы вспомогательный (доворот), об/мин	2,2 / 3 000
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	4 720 × 1 980 × 1 650
Масса без мелющих тел, кг	6 640
Масса мелющих тел (цельпесы, шары), кг	3 050

Примечание. Мельница шаровая периодического действия МШ-2 предназначена для сухого измельчения материалов малой и средней твердости.

Таблица П.5.11

Технические характеристики мешалок серии М

Модель	Объем емкости геом., м ³	Объем емкости рабочий, м ³	Мощность, кВт	Габариты (Д×Ш×В), мм	Масса, кг
М-250	0,25	0,2	0,55	900 × 1 050 × 1 100	190
М-950	0,95	0,8	4,0	1 300 × 1 260 × 2 016	610

Таблица П.5.12

Технические характеристики мешалок серии МП

Модель	Диаметр пропеллера, мм	Угловая скорость пропеллера, об/мин	Мощность, кВт	Объем (рабочий), м ³	Высота, мм	Масса, кг
МП-300	300	300	1,5	0,9	1 200	240
МП-500	500	238	3	2,46	2 400	600

Таблица П.5.13

Технические характеристики мельниц

Модель	Объем барабана, л	Масса одного помола, кг	Скорость вращения барабана, об/мин	Мощность, кВт	Габариты (Д×Ш×В), мм	Масса, кг
МШД	4	1,7...2,0	80	0,75	1 200 × 650 × 800	150
	8	3...4	70			
	12	5...6	59			
МШ-100	100	45...50	45	1,1	1 350 × 72 × 1 150	280
МШ-500	500	200...250	30	4,0	1 350 × 1 600 × 1 300	1 300
МШ-1000	1000	450...500	23	5,5	2 000 × 1 800 × 1 800	2 200

Таблица П.5.14
Технические характеристики сит

Модель	Производительность*, м ³ /ч	Мощность, кВт	Габариты (ДхШхВ), мм	Масса, кг
СВ-280×210	1,5...2,0	0,37	560 × 300 × 600	37
СВ-500М	3,5...5,0	1,1	1 050 × 680 × 600	100
СВ-400×1500	4,0...6,	0,55	1 500 × 800 × 1 100	200

Примечание. Производительность приведена для влажности керамического шликера 55...60 % и при применении сетки № 0125.

Таблица П.5.15
Технические характеристики сепараторов

Модель	Производительность, м ³ /ч*	Мощность, кВт	Габариты (Д×Ш×В), мм	Масса, кг**
ЭСТО-1/2,5	2,5	0,25	690 × 300 × 800	90
ЭСТО-2/5	5,0	0,5	690 × 300 × 800	150
ЭСТО-3/7,5	7,5	0,75	900 × 300 × 800	220
ЭСТО-3/10	10,0	1,0	960 × 350 × 850	380

Таблица П.5.16

Технические характеристики фильтр-прессов

Модель	Масса одной закладки, кг	Размер рамки, мм	Мощность, кВт	Привод гидростанции зажима рамок	Габариты (Д×Ш×В), мм	Масса, кг
ФПР-500×500-15	170	500×500	–	Ручной	1 980 × 700 × 1 050	830
ФПР-500×500-30	340	500×500	–	Ручной	2 720 × 700 × 1 050	1 030
ФП-500×500-43	480	500×500	3,0	Электрический	3 400 × 740 × 1 100	2 040

Таблица П.5.17

Технические характеристики вакуум-прессов

Модели	Производительность, кг/ч	Диаметр получаемых заготовок**, мм	Частота вращения прессующего шнека, об/мин	Мощность, кВт	Габариты (Д×Ш×В), мм	Масса, кг
ВП-50	20	3...40	1,6...24,0	1,5	1 330 × 500 × 1 200	330
ВП-100	150	15...60	32,0	4,67	1 530 × 620 × 1 530	590
ВП-100Л	120	15...60	35,5	5,2	2 000 × 1 650 × 1 350 (1 650 × 600 × 2 460)	950
ВП-160	1 800	50...100	27,0	7,5	2 850 × 600 × 900	100
ВП-200	3 000	70...110	21,0	11,0	3 110 × 615 × 1 100	1 420
ВП-200-03	1 500	70...110	11,0	7,5/8,6	3 330 × 615 × 1 100	1 420

Примечания. 1. Габаритные размеры даны для вертикального расположения шнека. 2. При применении расширителя оптимальный диаметр может быть увеличен на 30 %.

Таблица П.5.18

Технические характеристики ситомагнитных комплексов

Модели	Производительность, м ³ /ч	Мощность, кВт	Габариты (Д×Ш×В), мм
СМК-2/2,5	2,5	1,5	1 350 × 610 × 1 700
СМК-3/6	6,0*	0,55 (вибратор ИВ-98)	1 600 × 780 × 1 500

Примечание. Производительность – для сетки № 0125 и плотности шликера 1,4 г/см³.

Таблица П.5.19

Технические характеристики прессов

Модели	Производительность, кг/ч	Диаметр заготовки, мм	Мощность, кВт	Габариты (Д×Ш×В), мм	Масса, кг
П-135	500	25...70	3	1 420 × 370 × 460	220
ВП-135*	500	70	3	1 570 × 630 × 460	280

Примечание. Размеры без вакуумной установки.

Таблица П.5.20

Технические характеристики смесителей

Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка	Рисунок
Смеситель лопастной двухвальный Производительность – 32 т/ч; мощность – 22 кВт; габаритные размеры – 5 250×1 670×1 330 мм; масса – 3 200 кг	СМК-125А	
Смеситель лопастной двухвальный Производительность – 64 т/ч; частота вращения валов – 32,5 мин ⁻¹ ; мощность – 37 кВт; габаритные размеры – 5 900×1 700×1 350 мм; масса – 4 400 кг	СМК-126А	
Смеситель с фильтрующей решеткой Производительность – 3 т/ч; мощность – 30 кВт; габаритные размеры – 5 200×2 875×1 090 мм; масса – 920 кг	ИАПД-И54	
Смеситель стержневой Производительность – 30...40 т/ч; мощность – 55 кВт; габаритные размеры – 7 672×2 290×2 210 мм; масса (без стержней) – 1 4500 кг масса стержней – до 5 500 кг	СК-43	
Агрегат приготовления порошка Производительность – 30 м ³ /ч; мощность – 30 кВт; габаритные размеры – 5 000×2 000×1 800 мм; масса – 7 500 кг	АПП-30	

Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка	Рисунок
<p>Мешалка питатель</p> <p>Производительность – 12 м³/ч; мощность – 5,5 кВт; габаритные размеры – 1 960×1 860×2 875 мм; масса – 1 910 кг</p>	СМК-282	
<p>Смеситель с фильтрующей решеткой</p> <p>Производительность – 45 т/ч; частота вращения валов – 28 мин⁻¹; мощность – 79,5 кВт; габаритные размеры – 5 475×4 600×1 215 мм; масса – 9 300 кг</p>	КРОК-38	

Таблица П.5.21

Технические характеристики вальцов

Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка	Рисунок
<p>Вальцы камневыделительные</p> <p>Производительность – 20 м³/ч; мощность – 27,5 кВт; габаритные размеры – 2 378×2 938×1 605 мм; масса – 3 000 кг</p>	ВК-1	
<p>Вальцы камневыделительные</p> <p>Производительность – 35 т/ч; мощность – 41 кВт; диаметр гладкого вала – 800 мм; диаметр ребристого вала – 600 мм; масса – 4 000 кг</p>	ИАПД-И-21	

Окончание табл. П.5.21





Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка	Рисунок
<p>Вальцы камневыделительные</p> <p>Производительность – 50 т/ч; мощность – 52 кВт; диаметр гладкого валка – 1 000 мм; диаметр ребристого валка – 800 мм; масса – 6 750 кг</p>	СМК-517	
<p>Вальцы камневыделительные</p> <p>Производительность – 25 т/ч; мощность – 43 кВт; габаритные размеры – 3 185×2 805×1 325 мм; масса – 4 950 кг</p>	СМ-1198А	
<p>Вальцы тонкого помола</p> <p>Производительность – 25 т/ч; мощность – 56 кВт; диаметр валков – 800 мм; шлифовальное устройство; масса – 5 000 кг</p>	ИАПД-И20	
<p>Вальцы тонкого помола</p> <p>Производительность – 50 т/ч; мощность – 86,55 кВт; диаметр валка – 1 000 мм; рабочий зазор – 2,0...0,25 мм; габаритные размеры – 4 000×3 300×1 200 мм; масса – 9 290 кг</p>	СМК-516	

Таблица П.5.22

Техническая характеристика глинорастерателя СМК-530


Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка	Рисунок
<p>Глинорастератель</p> <p>Производительность – 50 т/ч; диаметр чаши – 2 000 мм; мощность – 55 кВт; габаритные размеры – 4 200×3 500×2 800 мм; масса – 13 700 кг</p>	СМК-530	

Таблица П.5.23

Технические характеристики питателей

Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка	Рисунок
Питатель пластинчатый Производительность – 17...100 т/ч; мощность – 9,5 кВт; габаритные размеры – 5 780×3 130×2 350 мм; масса – 6 940 кг	СМК-352	
Питатель пластинчатый Производительность – 4...20 т/ч; вместимость ящика – 2 м ³ ; скорость ленты – 0,3...1,2 м/мин; мощность – 4 кВт; габаритные размеры – 4 700×2 200×1 170 мм; масса – 3 250 кг	УСМ-14	
Питатель пластинчатый Производительность – 17...100 т/ч; вместимость ящика – 3,2 м ³ ; скорость ленты – 0,31...1,88 м/мин; мощность – 9,5 кВт; габаритные размеры – 5 780×3 880×2 350 мм; масса – 6 100 кг	УСМ-36	
Питатель ящичный Производительность – 7...70 т/ч; вместимость ящика – 3,2 м ³ ; мощность – 4 кВт; габаритные размеры – 6 600×2 770×1 650 мм; масса – 5 000 кг	СМК-214	

Таблица П.5.24

Технические характеристики глинорыхлителей

Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка	Рисунок
<p>Глинорыхлитель двухвальный</p> <p>Производительность – 120 т/ч; вместимость бункера – 4,2 м³; мощность – 60 кВт; габаритные размеры – 5 600×2 530×1 430 мм; масса – 8 130 кг</p>	СМК-497	
<p>Глинорыхлитель двухвальный</p> <p>Производительность – 120 т/ч; мощность – 60 кВт; габаритные размеры – 5 390×2 680×1 355 мм; масса – 8 200 кг</p>	ИПДА-21	
<p>Глинорыхлитель одновальный</p> <p>Производительность – 50 т/ч; мощность – 30 кВт; габаритные размеры – 4 500×2 400×1 430 мм; масса – 5 000 кг</p>	КО-01	

Таблица П.5.25

Технические характеристики пресс-грануляторов

Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка	Рисунок
Пресс-гранулятор Производительность – 22,5 т/ч; мощность – 55 кВт; габаритные размеры – 3 750×1 530×1 120 мм; масса – 5 100 кг	ПГ-450	
Пресс-гранулятор Производительность – 31,5 т/ч; диаметр гранул – 18...20 мм; мощность – 76,5 кВт; габаритные размеры – 4 390×3 240×1 620 мм; масса – 9 280 кг	УСМ-12	

Таблица П.5.26

Технические характеристики стержневых мельниц




Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка	Рисунок
Агрегат приготовления порошка Производительность – 30 м ³ /ч; мощность – 30 кВт; габаритные размеры – 5 000×2 000×1 800 мм; масса – 7 500 кг	АПП-30	
Смеситель стержневой Производительность – 30...40 т/ч; мощность – 55 кВт; габаритные размеры – 7 672×2 290×2 210 мм; масса (без стержней) – 14 500 кг; масса стержней – до 5 500 кг	СК-43	
Смеситель стержневой Производительность – 30...40 т/ч; мощность – 30 кВт; габаритные размеры – 4 700×1 680×1 400 мм; масса (без стержней) – 2 600 кг; масса стержней – до 1 900 кг	СК-20	

Таблица П.5.27

Технические характеристики конвейеров

Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка
Конвейер роликовый Производительность – 25 500 шт./ч; мощность – 1,5 кВт; габаритные размеры – 4 475×2 400× 635 мм; масса – 1 570 кг	СМК-363
Конвейер ленточный Производительность – 30 т/ч; мощность – 3 кВт; длина – 3...23 м; ширина ленты – 650 мм; масса – 774...2 619 кг	УМАТП-17
Конвейер ленточный Скорость движения ленты – 0,1...1,0 м/с; мощность – 3 кВт; длина – 2,6...10,0 м; ширина ленты – 400 мм; масса – 570...7 809 кг	ТБ1.18.00
Конвейер твердения Скорость движения – 0,027...0,02 м/с; мощность – 25,5 кВт; габаритные размеры – 98 850×4 710×1 520 мм; масса – 62 500 кг	СМА-358
Элеваторы ковшовые ленточные Производительность – 10,1/32,2/51,6 тип ковша – глубокий; высота транспортирования – 6 300...40 500 мм; мощность – 3...15 кВт; масса – 570...7 809 кг	ЛГ-160; ЛГ-250; ЛГ-320
Элеваторы ковшовые ленточные Производительность – 5,6/21,8/35 м ³ /ч; тип ковша – мелкий; высота транспортирования – 6 300...40 500 мм; мощность – 3...11 кВт; масса – 62 500 кг	ЛМ-160; ЛГМ-250; ЛГМ-320

Таблица П.5.28

Техническая характеристика дезинтегратора СМК-211

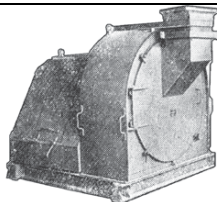
Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка	Рисунок
<p>Дезинтегратор соосный корзинчатый</p> <p>Производительность – 12,5 т/ч; мощность – 22 кВт; габаритные размеры – 2 170×1 875×1 885 мм; масса – 3 050 кг</p>	СМК-211	

Таблица П.5.29

Техническая характеристика бегуна БМП-55

Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка
<p>Бегуны мокрого помола</p> <p>Производительность – 56 т/ч; мощность – 55 кВт; габаритные размеры – 5 710×4 780×4 384 мм; масса – 49 250 кг</p>	БМП-55

Оборудование для формования

Таблица П.5.30

Технические характеристики прессов

Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка	Рисунок
Пресс шнековый горизонтальный безвакуумный Производительность – 6 000 шт./ч; мощность – 55 кВт; габаритные размеры – 3 390×1 530×1 300 мм; масса – 6 950 кг	СМК-435	
Пресс шнековый горизонтальный вакуумный Производительность – 10 000 шт./ч; мощность – 187 кВт; габаритные размеры – 6 700×3 400×2 600 мм; масса – 19 000 кг	СМК-506	
Пресс шнековый горизонтальный вакуумный Производительность – 10 000 шт./ч; мощность – 165 кВт; габаритные размеры – 7 095×1 405×2 570 мм; масса – 21 300 кг	СМК-217	
Пресс шнековый вакуумный Производительность – 9 000 шт./ч; мощность – 145 кВт; габаритные размеры – 7 260×3 400×2 190 мм; масса – 18 650 кг	СМК-502	
Пресс полусухого прессования Производительность – 1 000 шт./ч; мощность – 12,73 кВт; габаритные размеры – 3 132×2 033×2 325 мм; масса – 7 900 кг	ПКК-1	


<p>Пресс полусухого прессования</p> <p>Производительность – 2 280 шт./ч; мощность – 43,5 кВт; габаритные размеры – 4 890×3 780×4 920 мм; масса – 32 600 кг</p>	<p>СМ-1085В</p>	
<p>Пресс полусухого прессования</p> <p>Производительность – 5 000 шт./ч; мощность – 44 кВт; габаритные размеры – 4 900×4 200×4 100 мм; масса – 43 800 кг</p>	<p>СМК-503</p>	
<p>Пресс полусухого прессования</p> <p>Производительность – 3 000 шт./ч; мощность – 43,7 кВт; габаритные размеры – 43 650×3 780×5 400 мм; масса – 35 000 кг</p>	<p>СМК-491</p>	
<p>Пресс вибрационный</p> <p>Производительность – 50 м²/ч; мощность – 13 кВт; габаритные размеры – 3 950×1 800×3 200 мм; масса – 4 000 кг</p>	<p>М32-002</p>	
<p>Пресс пластического формования</p> <p>Производительность – 10 000 шт./ч; мощность – 160 кВт; габаритные размеры – 7 360×1 260×2 080 мм; масса – 16 250 кг</p>	<p>УСМ-50</p>	
<p>Пресс для производства силикатного кирпича</p> <p>Производительность – 3 070 шт./ч; мощность – 37 кВт; габаритные размеры – 3 090×1 900×3 100 мм; масса – 21 700 кг</p>	<p>СМС-294</p>	

Таблица П.5.31

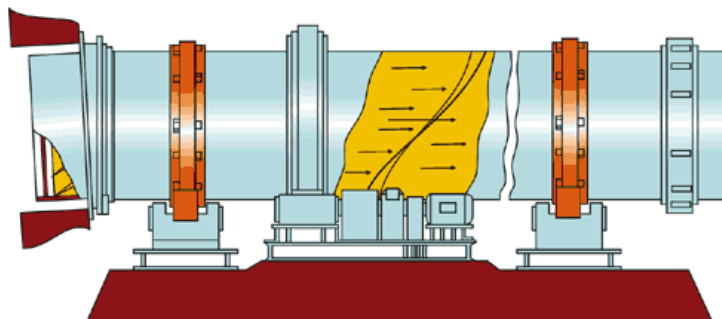
Технические характеристики автоматов и автоматических линий

Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка
<p>Автомат для резки кирпича</p> <p>Производительность – 10 000 шт./ч; мощность – 1,5 кВт; габаритные размеры – 1 920×1 170×1 280 мм; масса – 550 кг</p>	ПЛПК-04
<p>Линия многострунной резки кирпича</p> <p>Производительность за 1 цикл (max) 14 шт.; продолжительность цикла – 8 с; производительность – 6 300 шт./ч; мощность – 10,5 кВт; габаритные размеры – 700×2 600×1 480 мм; масса – 2 500 кг</p>	РИЕШ-056
<p>Автомат – укладчик</p> <p>Производительность – 18 800 шт./ч; мощность – 93,35 кВт; габаритные размеры – 18 240×18 955×10 250 мм; масса – 50 000 кг</p>	СМК-377
<p>Автомат – разгрузчик</p> <p>Производительность – 18 800 шт./ч; мощность – 59,75 кВт; габаритные размеры – 11 520×77 300×10 250 мм; масса – 22 000 кг</p>	СМК-379
<p>Автомат – садчик</p> <p>Производительность – 2 500 шт./ч; мощность – 10,8 кВт; габаритные размеры – 10 050×4 970×5 410 мм; масса – 9 990 кг</p>	МА-48А
<p>Автомат – садчик</p> <p>Производительность – 2 500 шт./ч; габаритные размеры – 13 430×4 770×4 640 мм; масса – 1 940 кг</p>	СК-2

Оборудование для сушки и обжига

Таблица П.5.32

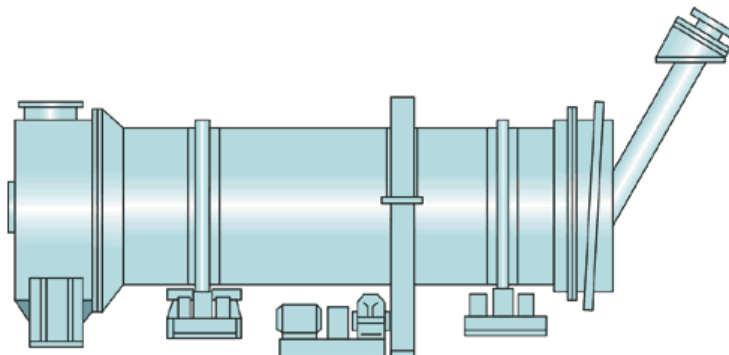
Техническая характеристика сушильного барабана СМЦ.429.3М



Наименование показателя	Значение
Тип	Поточный
Характер работы	Непрерывный
Размер корпуса барабана (длина × диаметр), мм	14 000 × 2 800
Объём барабана, м ³	84,08
Частота вращения барабана, об/мин	4,12
Уклон корпуса барабана к горизонту, ...°	1...4
Теплоноситель	Топочные газы
Температура теплоносителя, не более, °С	900
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	14 000 × 4 644 × 4 464
Масса, кг	48 950...53 700 (в зависимости от типа насадок)
Мощность двигателя, кВт	55
Частота вращения двигателя, об/мин	1 000
Редуктор	Ц27-400Н-31,5
Производительность	Не указывается, т.к. зависит от свойств материалов, их влажности (начальной и конечной), размера кусков материала

Таблица П.5.33

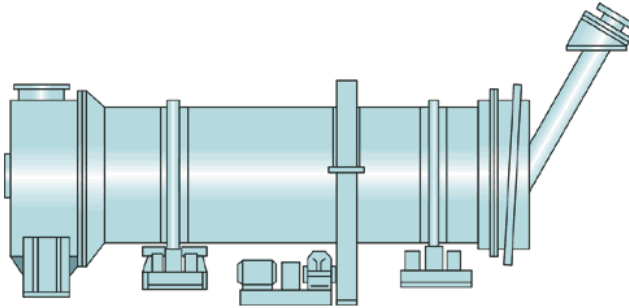
Техническая характеристика сушильного барабана СМЖ.855.80



Наименование показателя	Значение
Тип	Поточный
Характер работы	Непрерывный
Размер корпуса барабана (длина × диаметр), мм	8 000 × 1 600
Объём барабана, м ³	16
Частота вращения барабана, об/мин	3,14 / 4,15 / 6,2
Уклон корпуса барабана к горизонту, ...°	2°52'
Теплоноситель	Топочные газы
Температура теплоносителя, не более, °С	800
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	9 850 × 2 800 × 3 550
Масса, кг	11 600
Мощность двигателя, кВт	8; 10; 12,5
Частота вращения двигателя, об/мин	750 / 1000 / 1500
Редуктор	1Ц2У-250-31,512
Производительность	Не указывается, т.к. зависит от свойств материалов, их влажности (начальной и конечной), размера кусков материала

Таблица П.5.34

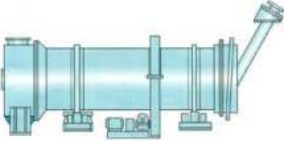
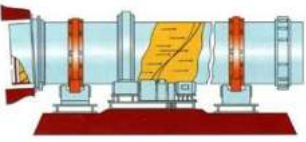
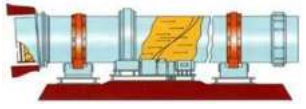
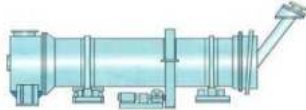
Техническая характеристика сушильного барабана СМЦ.428.3М



Наименование показателя	Значение
Тип	Поточный
Характер работы	Непрерывный
Размер корпуса барабана (длина × диаметр), мм	20 000 × 2 800
Объём барабана, м ³	120,1
Частота вращения барабана, об/мин	4,12
Уклон корпуса барабана к горизонту, ...°	1...4
Теплоноситель	Топочные газы
Температура теплоносителя, не более, °С	900
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	20 000 × 4 750 × 4 464
Масса, кг	72 930
Мощность двигателя, кВт	75
Частота вращения двигателя, об/мин	1 000
Редуктор	Ц2У-450-31,5
Производительность	Не указывается, т.к. зависит от свойств материалов, их влажности (начальной и конечной), размера кусков материала

Таблица П.5.35

Технические характеристики сушильных барабанов

Наименование машины или оборудования	Модель, тип, марка	Рисунок
Барабан сушильный 2,8×20,0 Производительность зависит от материала; мощность – 75 кВт; габаритные размеры – 20 000×4 750×4 464 мм; масса – 72 930 кг	СМЦ428.3М	
Барабан сушильный 2,8×14,0 Производительность зависит от материала; мощность – 55 кВт; габаритные размеры – 14 000×4 644×4 464 мм; масса – 48 950...53 700 кг	СМЦ429.3М	
Барабан сушильный 2,2×14,0 Производительность зависит от материала; мощность – 22/30/37 кВт; габаритные размеры – 14 000×3 610×3 915 мм; масса – 33 625 кг	СМЦ440.3М	
Барабан сушильный 1,6×8,0 Производительность зависит от материала; мощность – 8/10/12,5 кВт; габаритные размеры – 98 500×2 800×3 550 мм; масса – 12 400 кг	СМЖ855.80	

Печи для обжига лицевого кирпича и керамических изделий

Таблица П.5.36

Технические характеристики печей с газовым нагревом
для обжига лицевого кирпича

Модель	Размеры внутреннего пространства печи, м			Производительность, млн шт./год	Производительность, шт./цикл (т/цикл)	Цикл (ход/ход/од), ч	Удельный расход газа, м ³ /кг
	длина	ширина	высота				
ТермоГаз-Л-4,6.150/1050*	150	4,6	1,5	30	–	72	0,08
ТермоГаз-Л-2,3.70/1250*	70	2,3	1,2	3,7	–	72	0,164
ТермоГаз-Д-51/1250*	15,6	3,4	2,4	–	17 100 (60)	72	0,148

Примечание. Структура условного обозначения печи: ТермоГаз – А – В/С. ТермоГаз – серия печи (печь газовая); А – тип печи (Л – туннельная, Д – камерная); В – размеры внутреннего пространства печи: Х.Х – [ширина].[длина], м; Х – объем, м³; С – максимальная температура в печи, °С.

Таблица П.5.37

Технические характеристики печи с электрическим нагревом
для обжига керамической черепицы

Модель	Размеры внутреннего пространства печи, м			Производительность по черепице, шт./сут	Количество зон нагрева	Установленная мощность, кВт
	длина	ширина	высота			
ТермоМастер-Л-0,5.18,7/1100	18 680	504	999	1 200...1 600	3	210 ± 10

Примечание. Структура условного обозначения печи: ТермоМастер – А-В/С. ТермоМастер – серия печи (печь электрическая); А – тип печи («Л» туннельная); В – размеры внутреннего пространства печи: Х.Х. – [ширина].[длина], м; С – номинальная температура нагрева, °С.

Таблица П.5.38

Техническая характеристика печи с газовым нагревом
для обжига керамической плитки и фриза

Модель	Размеры внутреннего пространства печи, м			Производительность, млн шт./год	Цикл (холод/холод), ч	Удельный расход газа, м ³ /кг
	длина	ширина	высота			
ТермоГаз-Л-2,3.70/1040*	70	2,3	1,2	7,3	72	0,1

Примечание. Структура условного обозначения печи: ТермоГаз – А – В/С ТермоГаз – серия печи (печь газовая); А – тип печи (Л – туннельная); В – размеры внутреннего пространства печи, м: Х.Х – [ширина].[длина]; С – максимальная температура в печи, °С.

Таблица П.5.39

Технические характеристики печей
для обжига керамической плитки с электрическим нагревом

Модель	Размеры внутреннего пространства печи, м			Производительность камеры, м ² /ч	Количество зон нагрева	Установленная мощность нагревателей, кВт
	длина	ширина	высота			
ТермоМастер-Р-1.9/1200	9 000	1 000	100	7...9	4	90 ± 4 %
ТермоМастер-Р-1,4,14,4/1200	14 400	1 400	100	19...20	4	110 ± 4 %

Примечание. Структура условного обозначения печи: ТермоМастер – А – В/С ТермоМастер – серия печи (печь электрическая); А – тип печи (Р – роликовая); В – размеры внутреннего пространства печи, м: Х.Х – [ширина].[длина]; С – максимальная температура в печи, °С.

Сушилка вибрационная с трубчатыми электронагревателями (ТЭН) СВТ-0,5

Предназначена для нагрева и сушки в непрерывном режиме сыпучих материалов крупностью до 25 мм при температуре до 773 К (+500 °С). Сушилка является аппаратом непрерывного действия. Состоит из вертикальной трубы с навитым на ее наружной стороне транспортирующим желобом, вибровозбудителей и упругой подвески. Снаружи желоб, установленный на раме, заключен в теплоизоляционный кожух, снабженный открывающимися дверями. На внутренней поверхности каждой двери смонтированы электронагреватели.

Нагрев и сушка материала, виброперемещаемого от патрубка загрузки к патрубку разгрузки осуществляется за счет радиационной, контактной и конвективной передачи тепла, выделяемого трубчатыми электронагревателями (ТЭНами). Воздух, проходящий через сушилку, удаляется вместе с испаренной влагой через патрубок отсоса.

Аппарат позволяет обрабатывать даже химически агрессивные материалы. Минимальный пылеунос, незначительные габариты, возможность очистки желоба от налипшего в процессе обработки материала и возможность легкой замены ТЭНов при высокой эффективности процесса сушки делают аппарат привлекательным для применения во многих технологиях.

Аппарат комплектуется пультом управления, который позволяет регулировать потребляемую электроэнергию в зависимости от влажности обрабатываемого материала.

Техническая характеристика

Производительность, м ³ /ч:	
по исходному продукту	0,5
по испаренной влаге	80
Максимальная мощность электронагревателей, кВт	120
Время сушки, мин	5...10
Объем удаляемых газов при разрежении 150...200 Па, м ³ /ч	1 500
Параметры вибрации:	2...5
амплитуда, мм	16,6 (1 000)
частота колебаний, Гц(кол./мин)	2 × 1,1
Мощность двигателя, кВт	1 535×1 100×
Габаритные размеры, мм	3 550
Масса, кг	1 650

**ТЕХНОЛОГИЯ СКОРОСТНОГО НАГРЕВА «ТЕСКА®»
НПП «ТЕХСТРОЙКЕРАМИКА»**

Технология скоростного (радиационно-струйного) нагрева «ТЕСКА®» позволяет интенсифицировать тепловую работу печи за счет оптимизации тепломассообменных процессов при нагреве материалов. Принцип технологии основан на принудительном распределении тепловых потоков в печи, организованных факелами горелок ГСС «ТЕСКА®» (патенты РФ, Евразийский патент).

Эффективность технологии достигается за счет оптимизации аэродинамических, тепловых и химических процессов горения топлива в горелках ГСС «ТЕСКА®»; выбора рационального режима управления горелками ГСС на печи; сочетания интенсивности и равномерности нагрева изделий за счет распределения тепловых потоков, организованных скоростными факелами горелок; автоматизации системы управления тепловым процессом (АСУТП) на базе микропроцессорной техники.

Технология «ТЕСКА®» реализована на следующих типах промышленных печей: роликовая нагревательная печь для высокоточной термообработки и нагрева под прокатку листов и плит из титановых сплавов или жаропрочной нержавеющей стали; колпаковая печь; камерная термическая печь с выкатным подом для высокоточной термообработки литых изделий широкой номенклатуры; камерная термическая печь со стационарным подом № 8 цеха 30 для высокоточной термообработки литых изделий; четыре стенда нагрева/сушки промежуточных ковшей отделения непрерывной разливки стали в составе оборудования «Danielli» (Италия); туннельная печь для высокотемпературного обжига магнезитовых, форстеритовых, высокоглиноземистых и других огнеупорных изделий; печь для плавления базальта; коксовая вагранка – установка ГСС-40 ИС для подогрева воздуха с целью сжигания кокса; колпаковые печи для термообработки валков в цехе изложниц; проходная печь для термообработки длинномерных штанг; камерная печь с выкатным подом для термообработки; камерная печь для высокоточной термообработки калибров; толкательная печь для нормализации осей-поковок; печь для прокаливания ферросплавов.

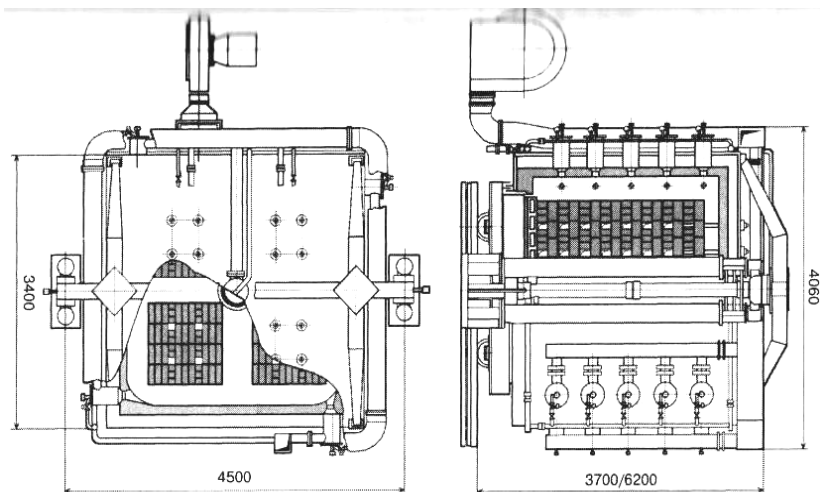


Рис. П.6.1. Колпаковая циркуляционная печь «Геска»

Техническая характеристика печи 3,5 м³

Назначение – нагрев, термообработка, обжиг металла, керамики

Объем рабочего пространства, м³3,5

Количество горелок, шт.:

ГСС-10.....8

Импульсных.....4

Расход газа (номинальный), м³/ч.....80

Площадь пода, м².....2,56

Производительность, т/год.....800

КПД, %.....50

Техническая характеристика печи 19,3 м³

Назначение – нагрев, термообработка, обжиг металла, керамики

Объем рабочего пространства, м³19,3

Количество горелок, шт.:

ГСС-1020

Импульсных16

Расход газа (номинальный), м³/ч.....468

Площадь пода, м²11,56

Производительность, млн шт. кирпича/год.....2

КПД, %.....50

Основные характеристики и оборудование. Перемол осуществляется сухим способом. Обеспечивается жесткая экструзия. Резчик и автоматический садчик сырого изделия на вагонетки туннельной печи дают возможность укладки лицом к лицу и с совмещением лицевого и нелицевого ложков («АЖЕМАК»).

Сушилка «Контрам» рассчитана на 2 канала, длина – 68 м, цикл сушки – 60 ч («АЖЕМАК»). Туннельная печь (рис. 2.28) имеет боковую и верхнюю подачу пламени; полезная зона – 4,8×1,44 м; длина – 105 м; цикл обжига – 48 ч. Обжиг возможен в окислительной или восстановительной среде («АЖЕМАК»). Тип разгрузки – карусельная, обвязка – с помощью стальной ленты.

Таблица П.6.1
Технические характеристики сушильных барабанов

Наименование, марка	Характеристика
Барабан сушильный 2,8×20,0 СМЦ428.3М	Производительность – зависит от материала; мощность – 75 кВт; габаритные размеры – 20 000×4 750×4 464 мм; масса – 72 930 кг
Барабан сушильный 2,8×14,0 СМЦ429.3М	Производительность – зависит от материала; мощность – 55 кВт; габаритные размеры – 14 000×4 644×4 464 мм; масса – 48 950...53 700 кг
Барабан сушильный 2,2×14,0 СМЦ440.3М	Производительность – зависит от материала; мощность – 22/30/37 кВт; габаритные размеры – 14 000×3 610×3 915 мм; масса – 33 625 кг
Барабан сушильный 1,6×8,0 СМЖ855.80	Производительность – зависит от материала; мощность – 8/10/12,5 кВт габаритные размеры – 8 500×2 800×3 550 мм; масса – 12 400 кг

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. ДРОБИЛЬНОЕ И СОРТИРОВОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕРУДНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	5
1.1. Дробильное оборудование	5
1.2. Методика технологического расчета дробильного оборудования	31
1.3. Грохоты и классификаторы	36
1.4. Методика технологического расчёта грохотов	40
Контрольные вопросы	41
2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СУШКИ И ОБЖИГА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	43
2.1. Сушильные барабаны	43
2.2. Агрегаты для совмещенных процессов помола и сушки сырьевых материалов	45
2.3. Методика технологического расчёта сушильных барабанов	48
Контрольные вопросы	50
3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОМОЛА МАТЕРИАЛОВ	51
3.1. Трубные мельницы	51
3.2. Мельницы для мокрого самоизмельчения сырьевых материалов	61
3.3. Вертикальные тарельчато-роликовые мельницы	64
3.4. Агрегаты для помола клинкера с добавками	68
3.5. Методика технологического расчета помольного оборудования	70
Контрольные вопросы	71
4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗДУШНОЙ СЕПАРАЦИИ ПРОДУКТОВ ПОМОЛА	72
4.1. Конструкции воздушных сепараторов	72
4.2. Устройство и принцип работы	74
Контрольные вопросы	80

5. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЦЕМЕНТА.....	81
5.1. Ленточные конвейеры	81
5.2. Скребковые конвейеры	102
5.3. Элеваторы (Нории).....	107
5.4. Винтовые конвейеры.....	117
5.5. Роликовые конвейеры	123
5.6. Толкающие разгрузатели	134
5.7. Пневмотранспорт.....	137
Контрольные вопросы.....	155
6. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА И ГАЗОВ ОТ ПЫЛИ.....	156
6.1. Методика технологического расчета циклонов.....	162
6.2. Воздушные фильтры	164
6.3. Оборудование для мокрой очистки	170
6.4. Электрофильтры.....	178
Контрольные вопросы.....	183
7. МАШИНЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ И АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ	184
7.1. Классификация смесительных машин.....	185
7.2. Смесительные машины. Устройство и характеристики	192
7.2.1. Гравитационные смесители.....	194
7.3. Вибросмешивание и вибросмесительные машины.....	217
Контрольные вопросы.....	228
8. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АКТИВАЦИИ СЫРЬЯ И ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	229
8.1. Классификация способов активации сырья.....	229
8.2. Технико-экономический анализ способов активации....	237
8.3. Особенности технологии при использовании корректирующих добавок.....	240
Контрольные вопросы.....	243

9. СКЛАДСКОЕ ХОЗЯЙСТВО	244
9.1. Склады цемента	244
9.2. Нормы проектирования складов цемента	271
9.3. Склады заполнителей	272
9.4. Склады химических добавок	282
Контрольные вопросы	284
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА	285
Литература	288
Приложение 1. Технологическая схема производства строительного гипса	291
Приложение 2. Технологические схемы производств	292
Приложение 3. Пример расчета производительности предприятия	295
Приложение 4. Технические параметры элементов и узлов приводов транспортирующих машин	297
Приложение 5. Оборудование для переработки масс	341
Приложение 6. Технология скоростного нагрева «ТЕСКА®» НПП «ТЕХСТРОЙКЕРАМИКА»	373

Владимир Андреевич Поскребышев

Александр Александрович Зиновьев

Наталья Алексеевна Лохова

Андрей Борисович Исько

Светлана Андреевна Белых

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Учебное пособие

Подписано в печать 25.06.2009.

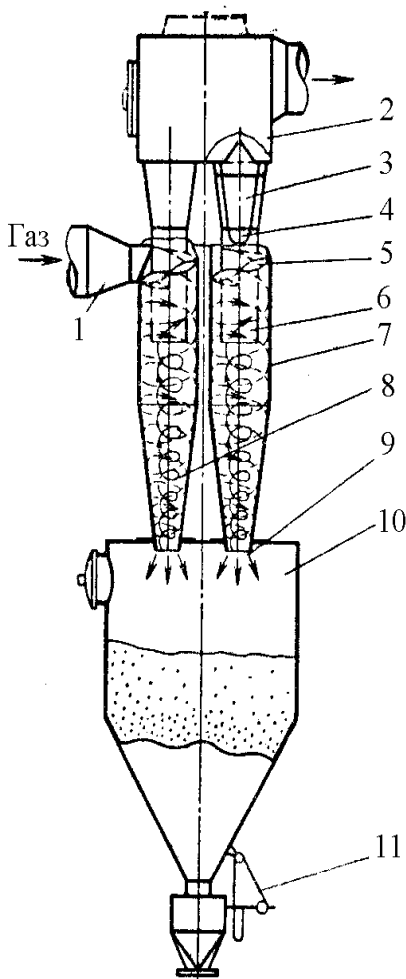
Формат 60 × 84 ¹/₁₆

Печать трафаретная

Уч.-изд. л. 23,6. Усл. печ. л. 23,6.

Тираж 300 экз. Заказ

Отпечатано в издательстве ГОУ ВПО «БрГУ»
665709, Братск, ул. Макаренко, 40



*Производительность
циклонов конструкции
НИИОГАЗа
в зависимости
от их диаметров*

Диаметр циклона, мм	Производи- тельность м ³ /ч при сопротив- лении, Н/м ²
400	750
450	1 690
500	2 140
550	2 648
600	3 200
650	3 810
700	4 460
750	5 180
800	5 950
1 100	6 760

Рис. 6.3. 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