

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

**КОМПЛЕКСНЫЙ КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
ПО ДИСЦИПЛИНАМ «ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА», «ПРОЦЕССЫ
И АППАРАТЫ В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»,
«МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ
СТРОЙИНДУСТРИИ»**

Учебно-методическое пособие

4-е издание, переработанное и дополненное

*Рекомендовано учебно-методическим советом
Воронежского ГАСУ в качестве учебного пособия для студентов бакалавриата,
обучающихся по направлению «Строительство»
профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций»*

Воронеж 2015

УДК 666.972 (075)
ББК 38.32
К637

Авторский коллектив:
Е.И. Шмитько, А.В. Крылова, В.С.Кабанов,
С.П. Козодаев, М.П. Степанова

К637

Комплексный курсовой проект по дисциплинам «Вязущие вещества», «Процессы и аппараты в технологии строительных материалов», «Механическое оборудование предприятий стройиндустрии» [Текст] : учеб.-метод. пособие для студ. бакалавриата направления 270800.62 / Е.И. Шмитько [и др.] ; Воронежский ГАСУ. - 4-е изд., перераб и доп. – Воронеж, 2015. – 106 с.

Приводится содержание - задачи, состав, технические требования к выполнению каждого раздела, а также методики выполнения - комплексного курсового проекта по 3-м учебным дисциплинам. В приложениях дан справочный материал, необходимый для выполнения расчетов.

Предназначено для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 270800.62 «Строительство» профиль «Производство строительных материалов, изделий и конструкций». Кроме того, может быть использовано студентами, обучающимися по программе 072000 «Стандартизация и сертификация (в строительстве)» при выполнении курсовых проектов по дисциплинам «Управление технологическими процессами» и «Технология вязущих веществ».

Ил. 4. Табл. 42 . Библиогр.: 32 назв.

УДК 666.972 (075)
ББК 38.32

Рецензенты:
кафедра изыскания и проектирования аэродромов ВУНЦ ВВС ВВА;
А.Т. Полянских, генеральный директор ОАО «Завод ЖБИ-2»

ОГЛАВЛЕНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ.....	5
1.	ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА, ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НАД ПРОЕКТОМ.....	5
2.	СОСТАВ И ОБЪЕМ ПРОЕКТА.....	5
3.	СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАЗДЕЛЫ ПРОЕКТА).....	6
3.1.	Введение.....	8
3.2.	Характеристика района строительства. Характеристика выпускаемой продукции.....	8
3.3.	Характеристика сырьевых материалов.....	8
3.4.	Обоснование общей технологии производства продукции, видов основного оборудования.....	9
3.5.	Режим работы предприятия, производственные программы по выпуску основной продукции и по сырью.....	10
3.6.	Выбор и расчет технологического и транспортного оборудования... ..	11
3.7.	Параметрический расчет аппарата.....	47
3.8.	Анализ технологического процесса с выявлением определяющих законов его протекания. Разработка технологического регламента.....	48
3.9.	Расчет материальных потоков, уточненный расчет производственной программы.....	49
3.10.	Выбор типов и расчет емкости складов сырья и готовой продукции.....	49
3.11.	Компоновочные решения производства вяжущего вещества.....	51
3.12.	Разработка схемы генерального плана предприятия.....	52
3.13.	Организация контроля технологического процесса и качества готовой продукции.....	53
3.14.	Мероприятия по технике безопасности, охране труда и защите окружающей среды.....	54
3.15.	Оценка эффективности решений, принятых в проекте.....	54
3.16.	Список использованных источников.....	55
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	56
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	56
	Приложение 1. План-график выполнения курсового проекта.....	59
	Приложение 2. Примеры оформления функциональной, технологической и операторной схем.....	61
	Приложение 3. Примеры изображения технологического оборудования и аппаратов на технологических схемах.....	64
	Приложение 4. Обозначения операторов.....	72

Приложение 5. Пример табличного оформления регламента технологического процесса.....	73
Приложение 6. Расчет грузопотоков (пример).....	83
Приложение 7. Технические характеристики дробилок.....	84
Приложение 8. Гранулометрический состав продуктов дробления в щековых и конусных дробилках.....	90
Приложение 9. Технические характеристики пластинчатых питателей.....	93
Приложение 10. Технические характеристики инерционных грохотов легкого, среднего и тяжелого типов.....	94
Приложение 11. К выбору и расчету мельниц.....	96
Приложение 12. Технические характеристики обжиговых аппаратов, применяемых при производстве вяжущих веществ	100
Приложение 13. Характеристики элеваторов.....	106

ВВЕДЕНИЕ

Курсовое проектирование занимает важное место в общем цикле подготовки будущего специалиста, так как обеспечивает практическую направленность знаний.

В этом плане комплексный курсовой проект по 3-м учебным дисциплинам является важнейшей составляющей учебного процесса. Как показывает имеющийся опыт, такое объединение существенно снижает затраты времени студентов на этот вид учебной работы. Главное же состоит в том, что комплексный проект обеспечивает более глубокое овладение студентами знаниями по каждой дисциплине, так как изучаемые вопросы и методы одной дисциплины органически переходят в другую, заставляя автора проекта более глубоко вникнуть в сущность изучаемых вопросов, оценить их прикладное значение.

Вместе с тем комплексность проекта налагает на исполнителя дополнительную ответственность за установленные сроки выполнения отдельных разделов проекта, в связи с тем при нарушении этих сроков возникает множество труднопреодолимых проблем.

Каждая дисциплина проекта представлена самостоятельными частями, отражающими предусмотренные учебным планом содержание и объем разработок. Вместе с тем в силу комплексного характера всей разработки имеет место взаимопроникновение информации, поэтому отдельные разделы проекта нельзя определенно отнести к той или иной дисциплине.

В соответствии с концепцией взаимосвязанности разделов проекта предусмотрен особый график его выполнения (прил. 1). В нем отсутствует традиционное разделение между дисциплинами общего срока, отведенного на выполнение трех проектов, а вместо этого предусмотрено последовательное или последовательно-параллельное решение задач единого комплекса с максимальным использованием и обогащением информации на каждом этапе. Оформление единой пояснительной записки также отвечает идее взаимопреемственности разделов комплексного проекта.

1. ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА, ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НАД ПРОЕКТОМ

Темой комплексного проекта является, как правило, проектирование предприятия (цеха) по производству одного из видов вяжущих веществ: мономинеральных или полиминеральных. К мономинеральным относятся вяжущие вещества, полученные на основе одного вида сырья (строительный гипс, строи-

тельная известь). К полиминеральным относятся смешанные, или композиционные, вяжущие, например известково-кремнеземистые, гипсоцементно-пуццолановые и др.

Проект разрабатывается на основании задания, выдаваемого преподавателем – основным руководителем курсового проекта, который одновременно является консультантом по дисциплине «Вяжущие вещества». Задание согласовывается с руководителями проекта по дисциплинам «Процессы и аппараты в технологии строительных материалов и изделий» и «Механическое оборудование предприятий строительной индустрии». При этом не исключаются варианты, когда две или даже все три части проекта выполняются под руководством одного преподавателя.

На выполнение комплексного курсового проекта по учебному плану отводится 14 недель, еще 2 недели необходимы для подготовки проекта к защите, которая проводится по заранее составленному графику.

Для успешного и своевременного выполнения проекта рекомендуется выдерживать последовательность разработки основных его разделов, предусмотренную план-графиком (прил. 1). Работа над проектом заканчивается его защитой на профилирующей кафедре. Открытая защита принимается комиссией из числа преподавателей-консультантов проекта и других преподавателей, участвующих в проектировании. В течение 10 минут, которые отводятся для доклада, автор проекта излагает сущность проектных разработок, обосновывает и защищает технические решения, принятые в проекте.

В соответствии с качеством проектных разработок и по результатам защиты проекта комиссия выставляет оценку. После защиты проект сдается для хранения в архив кафедры.

2. СОСТАВ И ОБЪЕМ ПРОЕКТА

Комплексный курсовой проект по трем дисциплинам состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 60-70 с. и графической части на 3,5-4 листах формата А1. Пояснительная записка и чертежи должны быть выполнены в соответствии с требованиями ЕСКД и СПДС.

На чертежах должны быть представлены: функциональная, технологическая, операторная схемы технологического процесса и конструктивная схема аппарата, для которого выполняется параметрический расчет – 1 лист; компоновочная схема технологического оборудования – 1 лист; схема генерального плана и компоновка основного производства (план и разрезы цеха) – 2 листа.

План и разрезы цеха должны быть выполнены таким образом, чтобы предельно полно отразить все необходимое технологическое оборудование в соответствии с принятой технологической схемой производства. Масштаб изображения планов и разрезов – 1:100, схемы генерального плана – 1:1000, схемы аппарата – 1:10 или 1:20 и общего вида оборудования – 1:50 или 1:100.

3. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА (РАЗДЕЛЫ ПРОЕКТА)

Пояснительная записка курсового проекта должна быть составлена со ссылками на листы и позиции графической части, иллюстрирующие принятые решения.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

ВВЕДЕНИЕ.

1. Характеристика района строительства.
 2. Характеристика выпускаемой продукции.
 3. Характеристика сырьевых материалов.
 4. Обоснование общей технологии производства продукции, видов основного оборудования.
 5. Режим работы предприятия, производственные программы по выпуску основной продукции и по сырью.
 6. Выбор и расчет технологического и транспортного оборудования:
 - 6.1. Оборудование для дробления материалов,
 - 6.2. Приемный бункер и колосниковый питатель для узла дробления,
 - 6.3. Оборудование для сортировки кусковых материалов,
 - 6.4. Оборудование для тонкого измельчения материалов,
 - 6.5. Оборудование для сушки материалов,
 - 6.6. Оборудование для обжига материалов,
 - 6.7. Оборудование для дозирования и транспортировки материалов,
 - 6.8. Вспомогательное оборудование,
 - 6.9. Грузоподъемное оборудование.
 7. Параметрический расчет аппарата.
 8. Анализ технологического процесса с выявлением определяющих законов его протекания.
 9. Разработка технологического регламента.
 10. Расчет материальных потоков, уточненный расчет производственной программы.
 11. Выбор типов и расчет емкости складов сырья и готовой продукции.
 12. Компонентные решения производства вяжущего вещества.
 13. Разработка схемы генерального плана предприятия.
 14. Организация контроля технологического процесса и качества готовой продукции.
 15. Мероприятия по технике безопасности, охране труда и защите окружающей среды.
 16. Оценка эффективности решений, принятых в проекте.
 17. Список использованных источников (библиографический список).
- #### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

Представленную последовательность разделов пояснительной записки не следует строго увязывать с последовательностью работы над проектом, так как взаимосвязи решаемых вопросов настолько неоднозначны, что возможны «забегания» вперед и возвраты с целью повышения качества излагаемых разделов.

Требования к примерному содержанию разделов изложены ниже.

3.1. Введение

Введение содержит краткое описание состояния и перспектив развития отрасли, оценку достигнутого уровня отечественного и зарубежного производства и применения в строительстве заданного в проекте вяжущего вещества. Приводятся основные положения, определяющие актуальность разрабатываемой темы проекта, назначение и роль вяжущего в экономике страны. Окончательный вариант «Введения» рекомендуется оформлять после разработки основных разделов проекта.

3.2. Характеристика района строительства. Характеристика выпускаемой продукции

В курсовом проекте район (место) строительства предприятия обычно указывается в задании. Необходимо лишь обосновать целесообразность строительства завода (цеха) в указанном районе, руководствуясь перспективами развития данного района, спросом на данный вид продукции, наличием необходимой сырьевой базы, возможностью использования отходов различных отраслей промышленности.

Для выполнения этого раздела следует использовать данные, опубликованные в печати, общие экономико-географические сведения о регионе и т.п.

В этом разделе приводятся основные показатели, установленные для данного вида вяжущего вещества действующими стандартами и техническими условиями, свойства вяжущего, рассматриваются возможные области его применения.

Дается обоснование выбора состава, марки и других характеристик вяжущего вещества в зависимости от вида используемого сырья и с учетом условий его применения; рассматриваются возможности улучшения качества вяжущего и снижения его себестоимости, в том числе - за счет применения отходов различных отраслей промышленности и побочных продуктов переработки.

3.3. Характеристика сырьевых материалов

При выборе сырьевых материалов следует учитывать мощность месторождения, условия разработки и переработки сырья, стоимость его доставки. Желательно рассмотреть несколько возможных вариантов и выбрать такой вид сырья, который обеспечивает получение вяжущего высокого качества при наименьших затратах. Необходимо дать характеристику свойств выбранных сырьевых материалов, пользуясь действующими стандартами, техническими условиями, иными документами. К таким свойствам в первую очередь следует от-

нести химический и минералогический состав, плотность, прочность, карьерную влажность, размеры поступающих в производство кусков.

3.4. Обоснование общей технологии производства продукции, видов основного оборудования

В этом разделе дается обоснование общей технологии вяжущего вещества по всем основным переделам, начиная с рассмотрения вопросов добычи и подготовки сырья и заканчивая условиями хранения вяжущего на складе готовой продукции.

При этом основное внимание уделяется тому, каким видам обработки и при каких параметрах подвергается исходное сырье и полуфабрикаты, какие виды технологического оборудования предусмотрены для этого.

Принятие решений по этим вопросам производится после тщательного изучения информационных источников, а именно: основных учебников, специальной справочной литературы, статей из журналов, рекламных материалов, сведений из Internet. Принятые решения должны отвечать современным требованиям по качеству продукции, по экономии ресурсов (трудовых, материальных, энергетических), отвечать экологическим требованиям и требованиям безопасного труда работающих. Рекомендуется рассмотреть несколько возможных вариантов технологии и принять окончательно лучший из них.

Результаты разработки представляются в пояснительной записке в виде текстового описания; описание иллюстрируется **функциональной схемой** в начале описания и **технологической схемой** в окончательном варианте.

Функциональная схема дает лишь перечень определяющих технологических переделов, последовательная связь между которыми показывается стрелками (табл. П.2.1).

На **технологической схеме** представляется последовательность технологического оборудования (аппаратов) в условном их изображении (табл. П. 2.2). На рассматриваемом этапе разработки на технологической схеме представляют лишь тип оборудования (аппарата) без обозначения его марки. Транспортное, дозировочное и другое вспомогательное оборудование не показывается; материальные потоки обозначаются стрелками. Графические изображения оборудования целесообразно принять из прил. 3.

Результаты разработки по общей технологии согласовываются с преподавателями-руководителями по вяжущим веществам и механическому оборудованию.

3.5. Режим работы предприятия, производственные программы по выпуску основной продукции и по сырью

Под режимом работы понимается количество рабочих дней в году, продолжительность и число рабочих смен для подразделений предприятия.

Обычно режим работы определяется отраслевыми нормами технологического проектирования.

Для предприятий строительных материалов, изделий и конструкций, имеющих в своем составе непрерывно действующие агрегаты, следует предусматривать трехсменную каждодневную работу с остановкой оборудования только для проведения капитального ремонта. В отдельных случаях может предусматриваться двухсменная работа, а трехсменная устанавливается только для подразделений, связанных с приемкой сырья и отгрузкой готовой продукции.

При непрерывном режиме годовой фонд времени предприятия рассчитывается по формуле $T_{ф.нр.} = (365 - n) \cdot 3 \cdot 8, \quad ч/год,$ (3.1) где n – число дней, определяемых на капитальный ремонт (принимается равным 15-20 дней в году).

При двухсменном прерывном режиме годовой фонд времени работы предприятия рассчитывается по формуле

$$T_{год} = (365 - m) \cdot 2 \cdot 8, \quad ч/год, \quad (3.2)$$

где m – количество выходных и праздничных дней в году.

Для определения годового фонда времени технологического оборудования $T_{ф.об.}$ необходимо учесть время на его текущий ремонт, на плановые остановки. Для этого показатель $T_{ф.нр.}$, полученный по формуле (3.2), следует умножить на коэффициент использования оборудования, равный 0,945:

$$T_{ф.об.} = 0,945 \cdot T_{ф.нр.}$$

На основании полученного значения фонда времени предприятия $T_{ф.нр.}$ и его заданной годовой мощности $P, т/г,$ рассчитывают производственные программы по выпуску продукции (табл. 3.1) и по сырью (табл. 3.2).

Таблица 3.1

Производственная программа предприятия
по выпуску продукции

Наименование выпускаемой продукции	Количество продукции, т			
	в год	в сутки	в смену	в час

Таблица 3.2

Производственная программа предприятия
по сырью (пример)

Вид сырьевого компонента	Расходы, т			
	в год	в сутки	в смену	в час
Известняк				
Кварцевый песок				

При определении производственной программы по выпуску продукции вначале рассчитывают показатель последней колонки в табл. 3.2 (выпуск в час - P_u), как

$$P_u = \frac{P}{T_{ф.пр.}} \quad (3.3)$$

Последующие значения (программа на смену, сутки, год) определяется умножением величины часового выпуска на соответствующий фонд времени. Совпадение расчетного значения P с заданным свидетельствует о правильности расчетов.

Расчет производственной программы по сырью (см. табл. 3.2) производится с использованием показателей, характеризующих потери массы исходного сырья по ходу технологического процесса.

Различают следующие виды потерь:

- механические;
- массообменные;
- химические;
- технологические.

Механические потери связаны с транспортированием материалов (просыпи, безвозвратный пылеунос и др.). В проекте величину механических потерь можно ориентировочно принимать равной 2 %.

Массообменные потери связаны в основном с удалением свободной влаги из исходного сырья. Показатели исходной влажности можно принять по [32, табл. П.1.1].

Химические потери обычно связаны с термическим разложением исходного сырья и удалением летучих газов (например, карбонатных пород) или химически связанной воды (например, из гипсового камня, глинистых минералов).

В выполняемых ориентировочных расчетах могут быть использованы следующие показатели, %:

термического разложения (декарбонизации) известняка, мела.....	40
термического разложения каустического магнезита.....	46
термического разложения каустического доломита.....	26
термического разложения (дегидратации) гипсового камня.....	18
дегидратации глинистого сырья	14

Технологические потери учитывают возможное отделение включений в сырье (обогащенное), например, камневыделение из глинистого сырья – до 1 %, и отделение неделовой фракции, например при подготовке известняка дроблением к обжигу – 15-20 %.

В современных технологиях неделовую фракцию используют или в другой технологии получения вяжущего, или как техногенный продукт. Если в проекте неделовая фракция для заданной продукции не используется, то этот вид потерь

следует учитывать и тогда доля химических потерь пропорционально снизится. Например, для обжига известняка она может составлять: $40 - 40 \cdot 0,2 = 32 \%$.

С учетом того, что каждая последующая потеря исчисляется относительно меньшего числа, полученного на предыдущем шаге расчета, объединяющая расчетная формула для количества исходного сырья приобретает вид:

$$P_c = \frac{P}{\left(1 - \frac{n_1}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{n_2}{100}\right) \cdot (...)}, \quad (3.4)$$

где P – программа по готовой продукции, т/год;

n_1, n_2, \dots – значения потерь, %;

для полиминерального вяжущего

$$P_c = K \cdot \frac{P}{\left(1 - \frac{n_1}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{n_2}{100}\right) \cdot (...)}, \quad (3.5)$$

где K – доля соответствующего компонента в составе вяжущего.

Производственные программы предприятия в дальнейшем используются при выборе и расчете оборудования, в расчетах складов предприятия, в расчетах материальных потоков по отдельным цехам и предприятию в целом.

3.6. Выбор и расчет технологического и транспортного оборудования

В технологическом процессе изготовления минеральных вяжущих веществ широко применяется различное технологическое оборудование для дробления, сортировки, помола, сушки, обжига материалов, в определенной последовательности соединяемое друг с другом, как правило, непрерывными транспортирующими устройствами, к которым относятся питатели, дозаторы, конвейеры, установки пневматического транспорта. На различных этапах технологического процесса применяют всевозможные бункерные установки, исполняющие роль запасников или емкостей для промежуточного выдерживания материала. В случаях необходимости в технологическом процессе предусматриваются пылеосаждающие установки, а также грузоподъемные механизмы для монтажа и технического обслуживания оборудования.

В разрабатываемом проекте требуется обоснованно выбрать типы и марки оборудования, определить его производительность. Начинать следует с ознакомления по информационным источникам с общим устройством и функциональными возможностями оборудования. Затем по ряду определяющих для проектируемой технологии признаков назначают марку оборудования, производят необходимые расчеты.

Характеристики оборудования представляют в пояснительной записке, а его основные конструктивные особенности изображают графически на листе формата А1 в виде компоновочной схемы технологической линии.

Оборудование для дробления материалов

Технологический процесс производства практически любого вида вяжущего вещества начинается с измельчения исходных сырьевых материалов.

Конечная продукция на выходе из технологического процесса также подвергается измельчению. Измельчение бывает двух видов: грубое и тонкое. Грубое измельчение обеспечивается дроблением материалов и переводом относительно крупных его кусков в более мелкие. Оно может производиться в одну или в две и даже более стадий. Для тонкого измельчения используется помольное оборудование, способное превратить кусковой материал в тонкий порошок. На технологических переделах эти два вида обработки следуют друг за другом (например, дополнительное дробление извести после шахтной печи и последующий её помол). Нередки ситуации, когда эти два способа измельчения разделены технологическими процессами иной природы (например, дробление-обжиг-помол). Но в любой из возможных ситуаций дробление рассматривается как технологический этап подготовки материала к последующей переработке. Поэтому, для того чтобы правильно подобрать дробильное оборудование, необходимо определить требования, выдвигаемые последующими технологическими переделами. Чаще всего это фракционный состав материала, например, поступающего в обжиговую печь. Но не менее важными являются исходные характеристики материала. К ним следует отнести размеры кусков, поступающих на дробление, плотность и прочность материала, его влажность, склонность к прилипанию и др.

Если обратиться к сырьевым материалам, то размеры кусков, поступающих на первичное дробление, осуществляемое, как правило, в карьере, следует считать зависящими от технологии добычи сырья в карьере (применение одноковшовых, многоковшовых, роторных экскаваторов, предварительное разрыхление породы взрывом и др.). Соответственно технологии разработки карьера и свойствам добываемого кускового материала его дробление может осуществляться в одну, две и даже три стадии. Например, для карьеров цементных заводов выполняются рекомендации, приведенные в табл. 3.3.

Но технология разработки сырьевых карьеров – это самостоятельная инженерная дисциплина и в данном проекте она не рассматривается. В связи с этим условно можно принять, что первичное дробление материала производится на сырьевом карьере, а на проектируемом предприятии осуществляется вторичное дробление с выдачей заданного фракционного состава.

При этом принимается, что карьер выдает материал заданной проектировщиком предприятия крупности. Доставка материала с карьера на предприятие по выпуску вяжущего вещества может осуществляться автотранспортом, принадлежащим карьереу как самостоятельному предприятию, ленточными конвейерами, подвесными люльками.

Выбор типа дробилки зависит от вида дробимого материала и его физико-механических характеристик (табл. 3.3).

Дробилки, используемые для дробления сырьевых материалов

Материал	Прочность при сжатии, МПа	Стадии дробления		
		I	II	III
Известняк, мрамор	100...200	Щековая, конусная или роторная	Молотковая, конусная или щековая	Конусная, молотковая
Известняк плотный, крепкие мергели	60...120	Щековая, конусная или молотковая	Молотковая, конусная или щековая	Конусная, молотковая
Известняк-ракушечник, плотный мергель	20...60	Щековая или самоочищающаяся молотковая	Самоочищающаяся молотковая или конусная	_____
Туф твердый, кремнистые опоки	30...100	Щековая или самоочищающаяся молотковая	Самоочищающаяся молотковая или конусная	_____
Глинистые сланцы, мергели	60...150	Щековая, самоочищающаяся молотковая	_____	_____
Туф, трепел, глина, пемза, гипс	10...30	Валковая или самоочищающаяся молотковая	_____	_____
Мергель глинистый, мягкий сланец	20...60	Валковая или самоочищающаяся молотковая	_____	_____
Глина, мел	2...9	Валковая или самоочищающаяся молотковая	_____	_____

Для дробления материала высокой и средней прочности (гранит, базальт, диабаз, плотный известняк) применяют щековые и конусные дробилки. При этом если прочность материала превышает 150 МПа, то из щековых дробилок предпочтение должно быть отдано дробилке с простым движением щеки. Основные характеристики щековых дробилок обоих видов, крупного и мелкого дробления, представлены в табл. П.7.1; конусных дробилок – в табл. П.7.2.

Для измельчения малоабразивных материалов с пределом прочности на сжатие, не превышающим 150 МПа (известняки, доломиты, мергели, гипсовый камень, шлак и др.), рационально применять молотковые дробилки. Их характеристики представлены в табл. П. 7.3. Обеспечивая высокую степень измельчения, эти дробилки выдают достаточно мелкий продукт, максимальный размер которого в 1,5...2 раза меньше ширины выпускной щели колосниковой решетки.

Молотковые дробилки могут применяться также для дробления мягких и влажных материалов, имеющих влажность до 20 % (мел, известняк, мергель, глина, трепел, шлак, табл. П. 7.4). Они имеют самоочищающие устройства (марки ДМПП-1, СМД-102), а двухроторная дробилка ударно-отражательного действия (СМЦ-209) укомплектована устройством для подсушки влажного материала горячими газами.

Для первичного и вторичного дробления нетвердых сырьевых материалов, обладающих пластичностью и влажностью (слабые известняки, мел, мергель и т.п.), применяются зубчатые дробилки (табл. П. 7.5).

Представленные выше сведения позволяют осознанно выбрать требуемый тип дробилки. В дальнейшем необходимо определить конкретную марку выбранного типа дробильной машины.

Для обоснования конкретной марки дробилки главными критериями являются производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$), фракционный состав получаемого продукта, наибольший размер поступающих на дробление кусков материала (D_{max}). Этот размер определяет минимальный размер приемного (загрузочного) отверстия дробилки в соответствии с отношением

$$D_{\text{max}} < 0,8 \cdot B,$$

где D_{max} - максимальный размер куска, мм;

B - размер меньшей стороны приемного отверстия дробилки, мм.

Характеристики дробилок, выпускаемых отечественной промышленностью, приведены в табл. П. 7.1 - П. 7.5. Если из других информационных источников получены сведения о дробилках с лучшими показателями, чем приведены в указанных таблицах, то такие дробилки могут быть включены в проект.

Фракционный состав материала, получаемого после дробления, определяется из условий реализации последующего основного технологического процесса, заложенного в технологической схеме. Такими процессами обычно являются сушка и обжиг сырья; в зависимости от характеристик принятого теплового агрегата выбирается крупность фракций материала, поступающего на тепловую обработку. Например, при производстве строительного гипса с обжигом в варочном котле крупность сырья при совместной сушке и помоле в шахтной мельнице – 5-15 мм.

При производстве комовой извести-кипелки с обжигом в шахтной печи крупность сырья должна составлять 40-80 и 80-150 мм, во вращающихся печах – 5-20 и 20-40 мм, а в печах кипящего слоя – 3-12 и 12-25 мм.

Поскольку в проекте рассматривается, как правило, вторая стадия дробления, то выбранная для этой стадии дробилка должна обеспечить максимальный выход деловой фракции при обеспечении заданной производительности.

Для щековых и конусных дробилок определение содержания фракций в материале, получаемого после дробления, производится по графикам гранулометрического состава продуктов дробления, приведенным на рис. П.8.1 и П.8.2, на которых количество фракций представлено в зависимости от ширины выходной щели дробилки. Поскольку эта характеристика в щековых и конусных дробилках регулируема, то, следовательно, имеется возможность варьировать зерновым составом. Необходимо иметь в виду, что при наилучшем зерновом составе часть выходящего из дробилки материала, превышающего по своим размерам наибольшую крупность зерна в деловой фракции, обязательно возвращается на повторное дробление.

Соответственно выбранной ширине выходной щели определяется фактическая производительность дробилки. Это достигается методом интерполяции с использованием пределов по производительности и ширине выходной щели, представленных в технических характеристиках дробилок (прил. 7).

Принятое значение производительности дробилки сравнивается с расчетным. Для щековых дробилок применима следующая формула расчета производительности Q , м³/ч:

$$Q = 30 \cdot C \cdot S_{cp} \cdot L \cdot I \cdot n \cdot (B + 1) / (D_{св} \cdot \operatorname{tg} \alpha), \quad (3.6)$$

где C - коэффициент кинематики; для дробилок с простым качанием щеки

$C = 0,84$; со сложным $C = 1,0$;

S_{cp} - средний ход щеки, м; в первом приближении можно принять

$S_{cp} = (0,03 \dots 0,04) \cdot B$, более точно - по прил. 7;

L - длина приемного отверстия, м;

I - ширина выходного отверстия, м;

n - частота вращения вала дробилки, мин⁻¹;

B - ширина приемного отверстия, м;

$D_{св}$ - средневзвешенный размер кусков исходного материала, м; можно принять

$D_{св} = (0,5 \dots 0,52) \cdot D_{max}$;

α - угол захвата, $\alpha = 20^\circ$.

Конструктивная производительность (Q , м³/ч) конусных дробилок среднего и мелкого дробления определяется по формуле

$$Q = 60 \cdot \pi \cdot e \cdot L \cdot B \cdot n \cdot K_p, \quad (3.7)$$

где e - ширина выходного отверстия при максимальном отходе конуса, м;

L - длина зоны параллельности, в которой внутренняя поверхность неподвижного конуса параллельна наружной поверхности подвижного конуса, $L = (0,07 \dots 0,08) \cdot D$, м;

D - диаметр основания дробящего конуса, м;

n - частота вращения подвижного конуса, мин⁻¹;

K_p - коэффициент разрыхления материала, $K_p = 0,4 \dots 0,5$.

Производительность молотковой дробилки (Q , м³/ч) определяется по формуле

$$Q = 100 \cdot D^2 \cdot L \cdot n / 1000 \quad - \quad \text{при } D > L,$$

$$Q = 100 \cdot D \cdot L^2 \cdot n / 1000 \quad - \quad \text{при } D < L, \quad (3.8)$$

где D – диаметр ротора, м;

L – длина ротора, м;

n – частота вращения ротора, мин⁻¹.

Производительность зубчатой валковой дробилки (Q , м³/ч) определяется по формуле

$$Q = 3600 \cdot L \cdot B_{\max} \cdot v \cdot \mu \cdot \gamma, \quad (3.9)$$

где L – длина валков, м;

v – окружная скорость валков, м/с;

μ – коэффициент разрыхления материала, можно принять $\mu = 0,25$;

γ – плотность материала в куске, т/м³;

B_{\max} – размер наибольшего куска в продукте дробления; можно принять $B_{\max} = 1,5l$,

где l – ширина выходного отверстия на холостом ходу.

В заключение расчетов дается анализ причин возможного расхождения полученного расчетом значения производительности с паспортными показателями, приведенными в табл. П.7.1.-П.7.5.

Приемный бункер и колосниковый питатель для узла дробления

Состав и компоновка оборудования узла дробления поступающих на предприятие кусковых сырьевых материалов в большинстве случаев соответствует варианту, представленному на рис. 3.1.

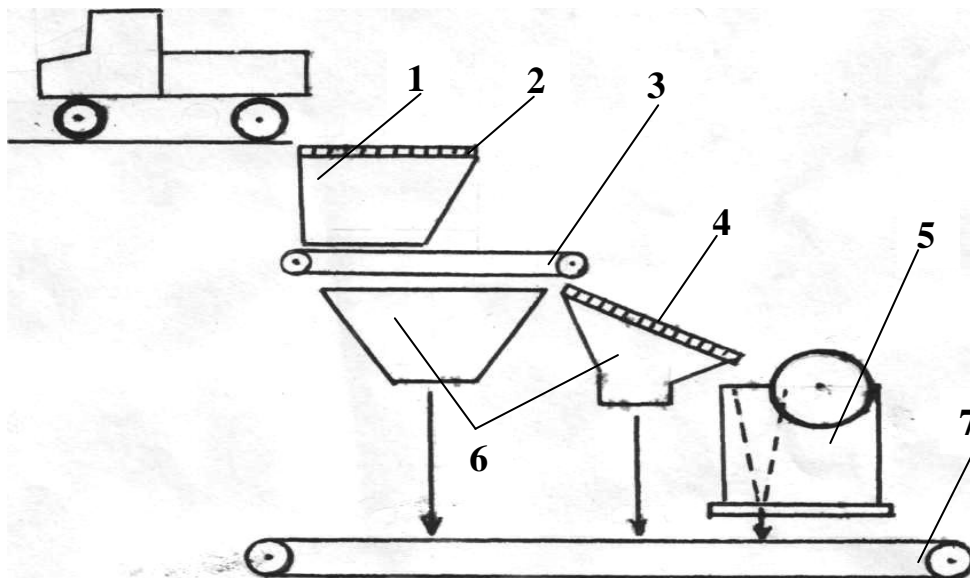


Рис. 3.1. Схема узла дробления

В состав узла дробления (рис. 3.1) входят бункер приема исходного материала -1, решетка для отбора негабаритных кусков - 2, пластинчатый пита-

тель - 3, наклонный колосниковый грохот отбора мелочи - 4, дробилка - 5, направляющий кожух для отбора мелочи – 6, сборный ленточный конвейер - 7.

Конструкция и емкость приемного бункера зависят от вида доставляющего материал транспорта, крупности кусков материала, содержания загрязняющих примесей. Он выполняется с наклонными боковыми и задней стенкой. Угол наклона стенок бункера $50...60^{\circ}$. Выходное боковое окно из бункера должно иметь высоту в $2,5...3$ раза больше размеров кусков материала. Длина нижнего отверстия бункера определяется размерами пластинчатого питателя, подобранного сообразно характеристикам поступающего материала (табл. П. 9.1). Вынос осей переднего и заднего барабанов питателя относительно переднего и заднего краев бункера должен быть не менее $800...1000$ мм. Ширина нижнего отверстия бункера должна быть не менее двух максимальных размеров куска материала и составлять примерно $0,8$ ширины ленты пластинчатого питателя. Над бункером устанавливается решетка для отделения негабаритных кусков материала. Для отбора мелких кусков материала, не требующих дробления, между питателем и дробилкой устанавливается наклонный колосниковый (подвижный или неподвижный) грохот. Для неподвижной колосниковой решетки соотношение между длиной и шириной $L/B = 3...4$, а угол её наклона должен составлять $30...40^{\circ}$. Под пластинчатым питателем необходимо предусматривать устройство для улавливания просыпи через щели питателя и направления её на сборный ленточный конвейер.

Необходимую вместимость приемного бункера ($V_{\text{б}}$, м^3) можно определить по формуле

$$V_{\text{б}} = \kappa \cdot Q + W, \quad (3.10)$$

где Q – производительность дробилки первичного дробления, $\text{м}^3/\text{ч}$;

κ – коэффициент запаса (ч), обеспечивающий независимую работу дробилок в случае непредвиденных задержек работы транспорта доставки материала, $\kappa \approx 0,3$;

W – вместимость кузова транспортного средства, м^3 .

Оборудование для сортировки кусковых материалов

Смесь кусковых материалов, выходящая из дробилки, в большинстве технологий подвергается сортировке по крупности с выделением основной(ных) фракции(ий). При этом куски материала с размерами, превышающими наибольший размер в основной фракции, возвращаются на повторное дробление. Куски меньше наименьшего размера отправляются на склад техногенного продукта, который или перерабатывается в целевой продукт на проектируемом предприятии по иной технологии, или отправляется в другие отрасли производства для использования в ином качестве (раскислитель почвы и др.).

Сортировка материалов производится в дробильно-сортировочном отделении предприятия. Для этой цели могут применяться механические грохоты двух типов: плоские вибрационные и барабанные вращающиеся. Последние об-

ладают бесшумной работой, но имеют низкое качество сортировки. В проекте рекомендуется применять только вибрационные грохоты.

Вибрационные грохоты выпускаются в 4-х исполнениях: гириационном, инерционном, самобалансном и резонансном.

В строительных технологиях преимущественно применяют инерционные грохоты, представляющие собой набор горизонтально или наклонно установленных сит, решеток, колосников, получающих круговые вибрации от электровибровозбудителя. Различают инерционные грохоты легкие (марки ГИЛ), средние (марки ГИС) и тяжелые (марки ГИТ).

Для предварительной сортировки применяются решетки, расположенные над приемным бункером дробилки первичного дробления, с которых удаляются вручную или грузоподъемными устройствами негабаритные куски сырья.

Для выделения относительно мелких кусков материала, не требующих дробления, выбираются подвижные или неподвижные колосниковые грохоты типа ГИТ, которые располагаются между питателем и дробилкой вторичного дробления (первичного дробления в условиях завода).

Для сортировки на фракции раздробленного материала выбираются грохоты типов ГИЛ или ГИС. Выбор и расчет грохотов необходимы для определения рабочих параметров грохотов и количества грохотов в технологической линии. Определяющими характеристиками при этом являются производительность грохота и гранулометрический состав поступающего материала.

В начале расчета определяют необходимые площади сит, их количество в грохоте. Для многоситового грохота расчет производится по каждому ситу, после чего выбирается типоразмер грохота по площади наибольшего сита.

Расчет требуемой площади сит (F , м²) производится по формуле

$$F = Q / (m \cdot q \cdot k_1 \cdot k_2), \quad (3.11)$$

где Q – расчетная производительность технологической линии, м³/ч;

m – коэффициент, учитывающий неравномерность питания грохота материалом, форму зерен и положение сит (горизонтальное или наклонное), принимается по табл. 3.4;

q – удельная производительность сита, м³/ч на 1 м² сита; принимается по табл. 3.6 в зависимости от размера ячейки сита; размер ячейки определяется по табл. 3.5;

k_1 – коэффициент, учитывающий предельное содержание фракций нижнего класса в исходном материале, принимается по табл. 3.7;

k_2 – коэффициент, учитывающий предельное содержание в нижнем классе зерен, размер которых меньше половины размера отверстия сита, принимается по табл. 3.8.

В соответствии с максимальным расчетным значением площади сита выбирают наиболее подходящий грохот. Характеристики инерционных грохотов приведены в прил. 10. Могут быть использованы другие информационные источники.

Таблица 3.4

Значение коэффициента t

Положение сита грохота	Значение коэффициента	
	Гравий	Щебень
Горизонтальное	0,8	0,65
Наклонное	0,6	0,5

Таблица 3.5

Характеристика проволочных металлических сит
для грохочения кусковых материалов

Размер нижнего граничного зерна фракций, мм	Размер квадратной ячейки сита, мм	
	горизонтального	наклонного ($\alpha = 20^\circ$)
5	6	6,5
6	7	7,5
9	10	10,5
15	16	16
20	22	22
25	26	28
35	36	38
40	42	45
45	48	50
50	52	55
60	65	68
75	80	85
80	85	90

Таблица 3.6

Значение удельной производительности q

Размеры в свету квадратной ячейки, мм	5	7	10	14	16	18	20	25	35	37	40	42	65	70
Значения q , ($m^3/ч$) / m^2	12	16	23	32	37	40	43	46	56	60	62	64	80	82

Таблица 3.7

Значение коэффициента k_1

Содержание фракций нижнего класса, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90
k_1	0,58	0,66	0,76	0,84	0,92	1,00	1,08	1,17	1,25

Таблица 3.8

Значение коэффициента k_2

Содержание в нижнем классе зёрен, меньших 0,5 размера ячейки сита, %	10	20	30	40	50	60	70	80	90
k_2	0,63	0,72	0,82	0,91	1,00	1,09	1,18	1,28	1,37

В соответствии с максимальным расчетным значением площади сита выбирают по справочнику подходящий грохот. Характеристики инерционных грохотов приведены в табл. 10. Могут быть использованы другие информационные источники.

Если стандартное значение площади принятого грохота оказывается меньше расчетного максимального, то определяется количество грохотов, устанавливаемых параллельно.

Оборудование для тонкого измельчения материалов

В технологиях вяжущих веществ тонкому измельчению - помолу могут подвергаться многие материалы: известняк, мел, мергель, глина, гипсовый камень, дегидратированный гипс, доменный и топливный шлаки, кварцевый песок, цементный клинкер, комовая известь, опока, трепел и др.

В зависимости от свойств измельчаемого материала и требований к конечному продукту в качестве помольных агрегатов применяют мельницы той или иной конструкции: барабанные, кольцевые, валковые, вибрационные, ударного действия, струйные, мельницы самоизмельчения. В технологиях вяжущих веществ наибольшее распространение получили барабанные мельницы, которые в зависимости от соотношения длины барабана (L) к его диаметру (D) подразделяются на шаровые (L/D – не более 2:1) и трубные (L/D находится в пределах от 3:1 до 6:1).

Шаровые и трубные мельницы представляют собой горизонтально расположенные вращающиеся стальные барабаны, в которых измельчение размалываемого материала происходит при движении (пересыпании) мелющих тел совместно с измельчаемым материалом. Барабанные мельницы бывают однокамерные непрерывного или периодического действия и многокамерные – только

непрерывного действия. Многокамерные мельницы обеспечивают более тонкий помол материала в силу более длительного нахождения его в рабочем объеме мельницы и в силу ориентации каждой последующей камеры на более тонкий помол. При этом материал, загружаемый с одного конца барабана, последовательно проходит через все камеры и разделяющие их проницаемые для материала перегородки и выгружается с другого торца через полую цапфу, снабженную ситом, или через периферийное разгрузочное устройство.

В соответствии с принятой общей технологией производства вяжущего вещества помол сырьевых компонентов может осуществляться мокрым или сухим способом.

Различные конструкции мельниц обеспечивают помол материала (рис. 3.2.) в открытом или в замкнутом цикле.

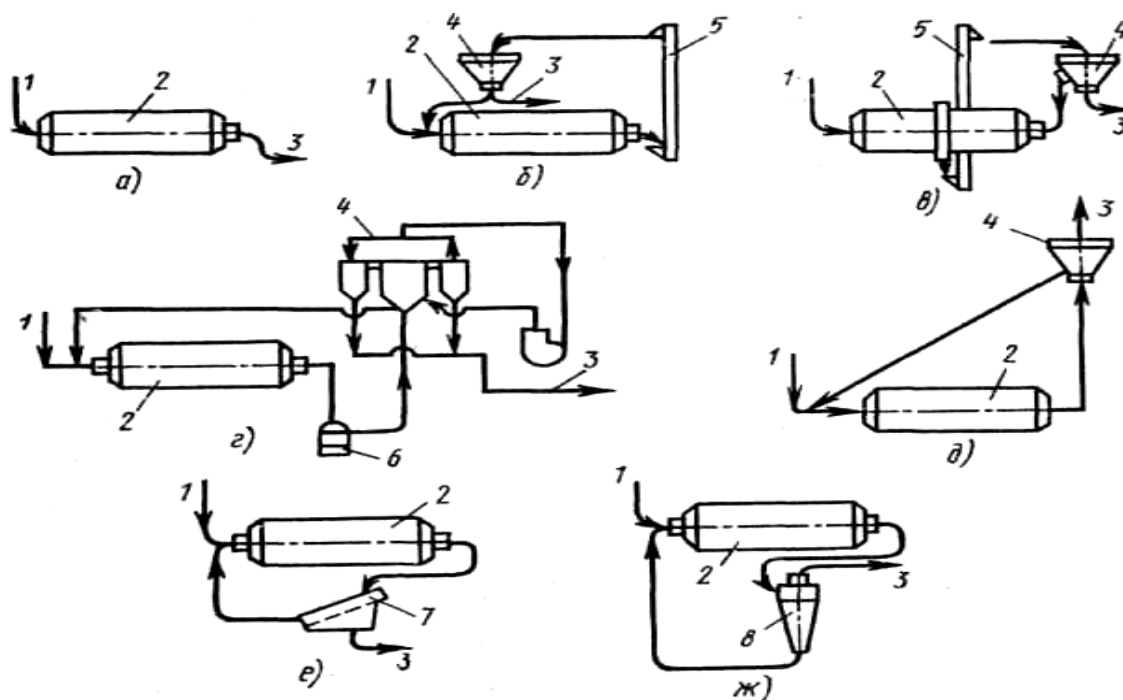


Рис. 3.2. Схемы работы мельниц:

a – по открытому циклу при сухом и мокром помоле; *б...д* – по замкнутому циклу при сухом помоле; *е, ж* – то же при мокром помоле;

1 – подача материала; *2* – мельница; *3* – готовый продукт; *4* – сепаратор; *5* – элеватор; *6* – пневмонасос; *7* – грохот; *8* – гидроциклон.

При мокром способе сырьевые материалы измельчают и смешивают в присутствии воды до образования сметанообразной водной суспензии – шлама. При сухом способе помола сырьевые материалы частично подсушивают, дозируют в заданном соотношении и подают в мельницу, где они измельчаются до требуемой тонкости. Имеются мельницы, в которых процессы сушки и измельчения совмещены.

При работе по открытому циклу (схема на рис. 3.2, а) весь размалываемый материал 1 при прохождении через мельницу 2 измельчается до заданной конечной тонкости помола и выходит в виде готового продукта 3.

При работе по замкнутому циклу (рис. 3.2, б...ж) помол в мельнице производится не до конечной тонкости всего поступающего в неё материала: при сухом помоле (рис. 3.2, б...д) весь выходящий из мельницы 2 материал проходит через сепаратор 4, в котором отделяется материал заданной тонкости помола, а оставшаяся часть материала возвращается в мельницу на домол; при мокром помоле (рис. 3.2, е, ж) для выделения крупки используют грохот 7 или гидроциклоны 8.

Таким образом, в состав помольной установки кроме мельницы могут входить дозаторы и питатели, сепараторы, циклоны, фильтры, грохоты, гидроциклоны, транспортирующие устройства в виде ленточных конвейеров, элеваторов, аэрожелобов, пневмо- и гидронасосов и др. Комплекс необходимого оборудования обеспечивает единый технологический процесс. Тем не менее при проектировании начинают с выбора типа и марки мельницы.

Выбор типа (марки) мельницы и конструктивной схемы её установки производится с учетом определения общих технологических характеристик. Определяющими являются вид измельчаемого материала, сухой или мокрый способ производства, требуемая тонкость помола, производительность, размалываемость (размолоспособность) материала.

Показатели размалываемости некоторых материалов в сравнении с цементным клинкером представлены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Относительные показатели размалываемости материалов

<i>Материал</i>	<i>Коэффициент размалываемости</i>
Клинкер вращающихся печей	1,00
Мел	3,70
Глина	3,00...3,50
Мергель	1,4
Известняк	1,2
Гранулированный доменный шлак	0,55...1,10
Кварцевый песок	0,6...0,7
Уголь	0,8...1,6

В промышленности строительных материалов преимущественно применяют барабанные одно- и многокамерные мельницы с загрузкой материала через полую цапфу и выгрузкой материала также через полую цапфу и разгрузочную цилиндрическую решетку. Характеристики наиболее ходовых шаровых и трубных мельниц (комплектующие их сепараторы и грохоты) представлены в

прил. 11. Более широкий выбор мельниц, укомплектованных дополнительным оборудованием, можно найти в [11].

Выбор конкретной марки мельницы из рекомендуемых информационных источников производится исходя из расчетной производительности мельницы. Затем следует поверочный расчет, учитывающий вид измельчаемого материала, тонкость измельчения (помола). С учетом полученных результатов решается вопрос о количестве принимаемых мельниц.

Расчетную производительность (Q , т/ч) мельницы можно определить из следующей эмпирической формулы:

$$Q = 6,45 \cdot V \cdot \sqrt{D} \cdot (G/V)^{0,6} \cdot q \cdot k, \quad (3.12)$$

где V – рабочий объем мельницы, м³;

D – диаметр барабана в свету, м;

G – масса мелющих тел, т;

q – удельная производительность мельницы в зависимости от вида размалываемого материала и вида помола, т/(кВтч); её значения можно принять по табл. 3.10;

k – поправочный коэффициент на тонкость помола (табл. 3.11).

Таблица 3.10

Значение удельной производительности q , т/(кВтч)

Вид измельчаемого материала	Вид помола	
	мокрый	сухой
Клинкер вращающихся печей	-	0,03...0,04
Шлаки гранулированные	-	0,035...0,04
Мергель	0,07...0,09	0,06...0,07
Песок кварцевый	-	0,03
Сырьевые шихты:		
- известняк+глина	0,07...0,09	0,07...0,08
- мел+глина	0,15...0,25	-
- шлак+известняк	-	0,04...0,06
Известняк трудноразмалываемый	-	0,05
Трепел	-	0,05...0,06

Таблица 3.11

Значение коэффициента k

Остаток на сите №008, %	2	3	4	5	6	7	10	12	15	20
k	0,6	0,65	0,71	0,77	0,82	0,86	1,00	1,10	1,20	1,42

При выполнении расчетов во внимание следует также принять, что производительность мельницы повышается на 15-20 % при её аспирации и работе в

замкнутом цикле с сепаратором, на 40 % - с дуговыми грохотами, на 10-15 % - с гидроциклоном при мокром помоле.

На предприятиях, производящих строительный гипс с использованием варочных котлов, для предварительной сушки и относительно тонкого измельчения поступающего гипсового сырья применяются молотковые шахтные мельницы (табл. П. 11.5). Их выбор производится с учетом крупности поступающего сырья и заданной производительности с последующей проверкой производительности (Q , т/ч) по формуле

$$Q = 3,6 \cdot q \cdot n \cdot Z / K_{\mu}, \quad (3.13)$$

где q – количество материала, поступающего в шахту за каждый удар,

$$q = 0,015 \dots 0,02 \text{ кг/удар};$$

n – частота вращения ротора, с^{-1} ;

Z – количество молотков на роторе;

K_{μ} – кратность циркуляции материала, $K_{\mu} = 4 \dots 5$.

Технические характеристики помольного и вспомогательного оборудования, входящего в помольный узел, в дополнение к прил. 11 можно найти в [11,12,13].

При проектировании помольного узла большой мощности целесообразно шаровые мельницы и приводы к ним размещать в смежных помещениях, разделенных пыленепроницаемой перегородкой, что повышает ресурс работы приводов. Кроме того, должны быть предусмотрены мостовые краны или кран-балки, обеспечивающие монтаж, ремонт и текущее обслуживание оборудования. Технические характеристики мостовых кранов и кран-балок можно найти в [15].

Оборудование для сушки материалов

Выбор сушильных установок производится с учетом основных характеристик высушиваемых материалов (физического состояния материала, его крупности, начальной и конечной влажности) и расчетной производительности сушильного агрегата по высушиваемому материалу.

Наиболее широко для сушки всех видов сыпучих материалов применяются сушильные установки барабанного типа проточного действия.

Весьма эффективными для сушки легкосыпучих материалов (доменного гранулированного шлака, кварцевого песка и др.) являются вихревые сушилки с кипящим слоем; для сушки пластичных слипающихся пород с высокой влажностью (до 25-30 %) - дробилки-сушилки, в которых совмещаются процессы сушки и дробления материала с исходной крупностью до 750 мм.

Все сушильные установки должны быть укомплектованы дозирочно-питающим оборудованием, пластинчатыми конвейерами для отвода после сушки горячего материала, установками для улавливания пыли.

Технические характеристики сушильных установок и вспомогательного оборудования приведены в [12,13,14], а также в [32. прил.1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

При выполнении комплексного проекта по трем учебным дисциплинам исполнителю проекта может быть выдано задание на параметрический расчет сушильной установки (это задание относится к дисциплине «Процессы и аппараты в технологии строительных материалов и изделий»). В этом случае расчет сушильной установки со вспомогательными устройствами выполняется по методике, изложенной в [32], где также содержатся технические характеристики оборудования, которое соответственно результатам расчета должен окончательно принять исполнитель проекта.

Оборудование для обжига материалов

В производстве вяжущих веществ процесс обжига является основным технологическим переделом, определяющим свойства получаемого продукта. Различают низкообжиговые вяжущие вещества (строительный гипс α - и β -модификаций) и высокообжиговые (безводный гипс, строительная известь, магнезиальные и доломитовые вяжущие, портландцемент и его разновидности). Для их производства применяют соответствующее обжиговое оборудование.

При производстве строительного гипса в зависимости от общей технологии обжиг (термическая обработка) гипсового сырья может производиться в гипсоварочных котлах периодического или непрерывного действия, во вращающихся обжиговых агрегатах; при производстве высокопрочного гипса – в запарниках и автоклавах. Во всех этих вариантах после термической обработки предусматривается тонкое измельчение полученного продукта.

Гипсоварочные котлы периодического действия наиболее широко применяются для термической обработки гипсового сырья, которое предварительно измельчается в шахтных мельницах до размеров частиц менее 2 мм.

Термическая обработка в гипсоварочных котлах длится от 2,5 до 3,5 ч в зависимости от степени предварительной сушки в шахтных мельницах. Характеристики гипсоварочных котлов периодического действия отечественного производства представлены в прил. 12.

При производстве строительного гипса во вращающихся агрегатах с целью улучшения качества получаемого продукта сырьевой материал дробится и сортируется на фракции 10...20 и 25...35 мм. В качестве вращающихся агрегатов используют сушильные барабаны производительностью 5...15 т/ч, имеющие длину от 8 до 30 м, диаметр от 1,6 до 3 м. Технические характеристики сушильных барабанов уже рассмотрены ранее.

Выходящий из сушильного барабана гипс подвергается помолу в шаровой мельнице, работающей, как правило, по открытому циклу.

Для производства извести, магнезиальных и доломитовых вяжущих используют шахтные и вращающиеся печи, печи с кипящим слоем. Выбор типа печи зависит от механической прочности, влажности, химического состава сырья, принятого способа производства – сухого или мокрого.

Сухой способ наиболее распространен. Он применяется для производства извести, магнезиальных и доломитовых вяжущих из сырья, имеющего карьерную влажность до 25 %. Для обжига применяются печи шахтные, вращающиеся и кипящего слоя.

При выборе обжиговых печей следует учитывать интенсивное пылевыведение, связанное с их работой. Это требует обязательного укомплектования обжиговых узлов пылеулавливающим оборудованием: пылесадительными камерами, циклонами, фильтрами. Ориентировочная эффективность их работы представлена в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Типы пылеуловителей и область их применения

<i>Пылеуловители</i>	<i>Степень улавливания, %</i>	<i>Область применения</i>
Пылесадительные камеры	3...15	Вращающиеся печи мокрого способа производства, сушильные барабаны, мельницы сухого помола
Циклоны	80...90	Мельницы сухого помола, сушильные барабаны, вращающиеся печи сухого способа, колосниковые холодильники, дробилки, конвейеры
Рукавные фильтры: с рукавами из натуральных и синтетических волокон	97...99,9	Вращающиеся печи, мельницы, колосниковые холодильники
с рукавами из стекловолокна	97...99,9	Мельницы, силосы, коррекционные бассейны
Электрофильтры	85...99	Вращающиеся и шахтные печи, мельницы сухого помола, сушильные барабаны

Шахтные печи применяются для обжига известняков и других материалов средней и высокой прочности с предварительным их дроблением и разделением на фракции 40...80, 80...120, 120...180 мм.

Вращающиеся печи применяют как для плотного и прочного сырья, так и для мягкого сырья. Соответственно они могут работать по сухому и мокрому способам обжига. Конструктивно они делятся на длинные и короткие.

При плотном сырье, имеющем влажность до 8 %, применяется сухой способ с раздельным обжигом фракций 5...20 и 20...40 мм в коротких печах, а при влажности до 25 % - в длинных печах.

При влажном мажущемся мягком меле с карьерной влажностью более 25% применяется мокрый способ производства с обжигом сырья в виде шлама с влажностью 37...44 % в длинных вращающихся печах.

Характеристики шахтных и вращающихся печей, печей кипящего слоя приведены в [32, прил. 12, 15, 17].

Печи кипящего слоя выбирают, если материалом для получения извести является мелкораздробленное фракционированное сырье с фракциями 3...12 и 12...25 мм, имеющее влажность 2...4 %. Выбор необходимой печи кипящего слоя осуществляется по производительности (табл. П.12.5).

На заводах по производству вяжущих материалов для эффективной очистки отходящих газов и воздуха от пыли применяется, как правило, двухступенчатая система обеспыливания (например, циклон-фильтр и т.п.).

Концентрации пыли, выделяемой каждым видом оборудования, рекомендуемые системы очистки приведены в [32, прил. 17].

Оборудование для непрерывного транспортирования материалов

Машины непрерывного транспортирования весьма разнообразны как по конструкции, так и по принципу действия. Для достижения полной комплексной механизации технологического процесса необходимо выбирать надежные и экономичные машины, в наибольшей степени отвечающие свойствам транспортируемого материала и условиям работы основного технологического оборудования. Нельзя не учитывать также требования техники безопасности, гигиены труда и экологии. Рекомендации по выбору оборудования, которые учитывают эти и другие факторы, представлены в табл.3.13. Характеристики материалов, используемых при выборе транспортирующих машин, представлены в табл. 3.14.

Ленточные конвейеры наиболее широко применяются для непрерывного транспортирования как насыпных, так и штучных грузов. Основным элементом конвейера является транспортерная лента, ширина которой проектируется в соответствии с расчетной производительностью данного участка технологического процесса и видом транспортируемого материала. При этом может использоваться следующая расчетная формула:

$$B = 1000 \cdot \sqrt{F / (0,14 \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + 0,039)}, \quad (3.14)$$

где B – ширина ленты, мм;

φ_1 – угол насыпки материала на ленте, зависящий от угла естественного откоса φ_0 (табл. 3.16); можно принять $\varphi_1 = 0,35 \varphi_0$;

F – площадь поперечного сечения материала на ленте, м^2 ; определяется по формуле

$$F = Q / (3600 \cdot v \cdot c), \quad (3.15)$$

где Q – расчетная производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$;

v – скорость движения ленты, $\text{м}/\text{с}$, зависящая от вида транспортируемого материала и ширины ленты (табл. 3.15);

c – коэффициент, принимаемый по табл. 3.17 в зависимости от угла наклона конвейера α_2 (его значение приведено в табл. 3.16).

По полученному в результате расчета значению принимается стандартная ширина ленты из ряда: 400, 500, 650, 1000, 1200, 1400, 1600, 2000 мм. При этом должно соблюдаться соответствие:

$$B > 3,3d_{max} + 200,$$

где d_{max} – максимальный размер куска транспортируемого материала, мм.

Диаметры (D , мм) головного (приводного) и хвостового барабанов конвейера определяются в зависимости от жесткости ленты, которую оценивают по количеству слоев (прокладок) в ленте:

для приводного барабана $D_{np} = (125 \div 150) \cdot i$;

для хвостового барабана $D_{хв} = (75 \div 100) \cdot i$,

где i – количество прокладок в ленте (табл. 3.18).

По полученному значению D принимают стандартное значение диаметра барабана из ряда: 320, 400, 500, 630, 1000, 1250, 1600 мм.

Длина барабана будет

$$L_б = B + (100 \div 150), \quad (3.16)$$

где B – стандартная ширина ленты, мм.

Мощность привода (N , кВт) ленточного конвейера определяется по формуле

$$N = G_m \cdot v / 102 \cdot \eta \cdot (\sin \alpha_2 + \omega \cdot \cos \alpha_2 + 2 \cdot k \cdot \omega \cdot \cos \alpha_2), \quad (3.17)$$

где v – скорость движения ленты, $\text{м}/\text{с}$;

η – КПД привода, можно принять $\eta = 0,9 \dots 0,95$;

α_2 – угол наклона конвейера, град.;

k – коэффициент пропорциональности (табл. 3.19);

ω – коэффициент сопротивления (табл. 3.20);

G_m – масса материала на ленте, кг; определяется как

$$G_m = F \cdot L \cdot \gamma,$$

где F – площадь поперечного сечения материала на ленте;

L – длина конвейера по осям барабанов, м;

γ – насыпная плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Таблица 3.13

Рекомендации по выбору транспортирующих машин

Виды машин	Оценка машин по характерным факторам													
	Производительность машины, м ³ /ч				Свойства транспортируемых грузов						Оптимальная длина транспортирования без перегрузки, м			
					липкие, влажные	горячие при t, °C			пылевидные	высокоабразивные				
до 50	до 100	до 500	> 500		до 60	до 150	> 150				до 50	до 100	до 500	до 1000
Ленточные конвейеры с прорезиненной лентой	+	+	+	+	х	+	-	-	х	+	+	+	+	+
Пластинчатые конвейеры с металлическим настилом	+	+	+	+	х	+	+	+	х	х	+	+	+	+
Конвейеры с погружными скребками	+	+	-	-	-	+	+	+	+	х	+	-	-	-
Скребокковые конвейеры общего назначения	+	+	-	-	х	+	+	+	х	х	+	+	-	-
Ковшечные конвейеры	+	+	х	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Инерционные конвейеры	+	+	-	-	-	+	+	+	+	х	+	+	-	-
Вибрационные конвейеры	+	+	х	-	-	+	+	+	+	+	+			
Винтовые конвейеры	+	-	-	-	-	+	+	+	+	х	+	-	-	-
Элеваторы ковшечные:														
ленточные	+	х	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-
цепные	+	х	-	-	-	+	+	+	+	х	+	-	-	-
Пневмотранспорт	+	+	-	-	-	+	+	-	+	х	+	+	+	х
Полочные конвейеры	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Подвесные конвейеры	+	+	-	-	-	+	+	+	+			+	+	+
Тележечные конвейеры	+	-	-	-	-	+	+	+				+	х	

Условные обозначения: «+» – наиболее подходящая машина; «-» – машину применять нельзя; «х» – возможно применение машины, но работа её малоэффективна.

Таблица 3.14

Характеристики транспортируемых материалов

Транспортируемый материал	Насыпная плотность материала, кг/м ³	Угол естественного откоса, φ_0		Абразивные свойства
		в покое	в движении	
Гравий	1500-1900	45	30	Абразивен
Щебень	1500-1800	45	35	Абразивен
Песок	1500-1700	45	30	Абразивен
Шлак гранулиров.	650-1000	50	35	Абразивен
Гипсовые вяжущие	650-850	30	-	Слабоабраз.
Гипсовый камень	1400-1600	40	35	Абразивен
Известняковый камень	1200-1600	35	30	Абразивен
Известь комовая	1000-1100	40	-	-
Кусковой мел	1400-1650	40	-	Слабоабраз.
Мел молотый	950-1200	33	-	Неабразивен
Цементный клинкер	1500-1600	33	-	Абразивен
Глина мокрая	1900-2000	20-25	45	Липкая
Глина сухая мелкокусковая	700-1500	50	40	Абразивен
Зола влажная	450-900	55	45	Абразивен
Мергель	1250-2200	45	30	Абразивен
Мрамор (крошка)	1500-1700	-	-	Абразивен
Трепел комовый	500-800	-	-	-
Туф	900-1300	-	-	-
Цемент	1000-1800	-	-	Абразивен

Таблица 3.15

Значения скорости ленты v , м/с

Материал	Ширина ленты, мм							
	400	500	650	800	1000	1200	1600	2000
Песок	1,0-	1,25-	1,25-	1,6-	1,6-	1,6-	2,5	2,5
	1,6	1,75	2,0	2,5	2,5	2,5		
Гравий	1,5	1,75	2,0	2,25	3	3	3	3
Щебень, клинкер, шлак	1,25	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Крупнокусковой камень	-	-	1,75	2	2	2	2	2

Таблица 3.16

Допустимые значения угла наклона ленточных конвейеров

<i>Материал</i>	α_2	<i>Материал</i>	α_2
Песок сухой	15	Шлак	23
Песок влажный	27	Керамзит	15
Глина сухая	18	Клинкер	20
Щебень	20-23	Гравий	15-20

Таблица 3.17

Значения коэффициента C

<i>Угол наклона конвейера, град.</i>	10	11-15	16-18	18
Значение C	1,0	0,95	0,90	0,85

Таблица 3.18

Количество прокладок в ленте

Ширина ленты, мм	400	500	650	800	1000	1200	1400	1800	2000
Число прокладок	3-5	3-5	3-7	3-8	4-10	5-12	6-12	6-12	8-14

Площадь поперечного сечения потока материала (рис. 3.3) может быть определена по формуле $F = (B - 0,1)^2 \cdot (tg\varphi_p + tg\varphi_0) / 4$,

где B – ширина ленты, м;

φ_p – угол наклона несущих роликов, град.;

φ_0 – угол естественного откоса материала в движении, град.

Таблица 3.19

Значения коэффициента пропорциональности

<i>Ширина ленты, мм</i>	<i>Коэффициент k при насыпной плотности, кг/м³, и форме ленты</i>					
	<i>1000</i>		<i>1250</i>		<i>1500</i>	
	<i>плоская</i>	<i>желобчатая</i>	<i>плоская</i>	<i>желобчатая</i>	<i>плоская</i>	<i>желобчатая</i>
500	0,42	0,23	0,33	0,18	0,28	0,18
650	0,35	0,18	0,28	0,15	0,23	0,13
800	0,31	0,16	0,26	0,13	0,20	0,11
1000	0,29	0,15	0,23	0,12	0,19	0,10

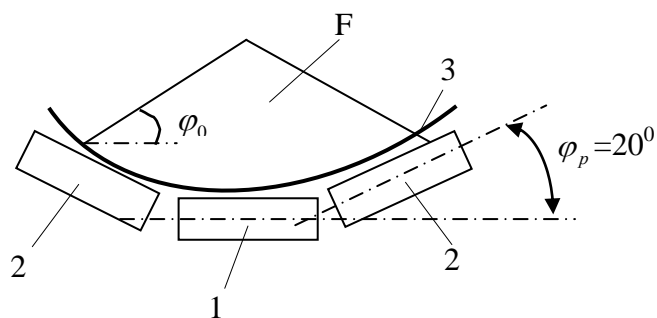


Рис 3.3. Поперечное сечение (F) потока материала на ленте:
 1 – несущий горизонтальный ролик; 2 – несущие наклонные ролики;
 3 – прорезиненная лента; φ_0 - угол естественного откоса материала в движении;
 φ_p - угол наклона несущих роликов, град.

Таблица 3.20

Значения коэффициента сопротивления ω

Длина конвейера, м	ω	Длина конвейера, м	ω
10	0,30	60	0,15
20	0,25	70	0,13
30	0,22	80	0,12
40	0,19	90	0,11
50	0,17	100	0,10

В соответствии с полученными расчетными характеристиками ленточного конвейера по справочным источникам выбирается тип стационарного конвейера с приводом.

Если технологическим процессом предусматривается размещение ленточного конвейера в закрытой галерее, то размер галереи можно принять по табл. 3.21.

Таблица 3.21

Размеры галерей для одного конвейера без барабанного разгрузателя

Ширина ленты, мм	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	2000
Ширина галереи в свету, мм	2300	2300	2800	2800	2800	3300	3300	3800	3800
Высота галереи в свету, мм	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Ширина рамы конвейера, мм	660	780	910	1150	1350	1810	1810	2010	2450

Пластинчатые конвейеры применяются для транспортирования крупнокусковых, остроугольных и абразивных материалов, имеющих повышенную температуру после их сушки или обжига. Они могут устанавливаться горизонтально или наклонно под углом до 35^0 . Выбор конвейера производится по расчетной производительности (табл.3.12) с последующим поверочным расчетом по формуле

$$Q = 3600 \cdot v \cdot W \cdot \gamma, \quad (3.18)$$

где Q – производительность, т/ч;

v – скорость движения полотна, м/с;

W – расчетная вместимость 1 погонного метра полотна, m^3 (табл. 3.22);

γ – насыпная плотность материала, t/m^3 .

Таблица 3.22

Технические характеристики пластинчатых конвейеров

Характеристики	Ширина ленты, мм							
	400	500	600	700	800	900	1000	1100
Скорость ленты, м/с	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175	0,175
Производительность, $m^3/ч$	18,90	23,63	28,35	33,17	37,80	42,52	48,83	51,97
Расчетная вместимость полотна, $m^3/м$	0,03	0,038	0,045	0,053	0,06	0,068	0,075	0,083
Наибольший размер кусков транспортируемого материала, мм	100	150	225	250	300	350	400	500
Высота бортов, мм	150	150	300	400	400	400	400	400

Винтовые конвейеры предназначены для транспортирования мелких и среднекусковых сыпучих материалов на сравнительно небольшие расстояния; устанавливается горизонтально и наклонно до 30^0 . Выбор и расчет этих конвейеров производится в следующей последовательности.

Соответственно расчетной производительности и виду транспортируемого материала (табл. 3.23) определяют диаметр винта (D , м) по формуле

$$D = \sqrt{Q / (\pi \cdot \varphi \cdot \gamma \cdot S \cdot C \cdot n)}, \quad (3.19)$$

где Q – расчетная производительность, м³/ч;

φ – коэффициент заполнения сечения желоба (табл. 3.23);

γ – насыпная плотность материала, кг/м³;

C – коэффициент уменьшения сечения груза на наклонном конвейере (табл. 3.24);

n – частота вращения винта, мин⁻¹ (табл. 3.23);

S – шаг винта, м; для горизонтального конвейера $S = D$, для наклонного, а также горизонтального, предназначенного для транспортирования материалов малой сыпучести (например, влажный песок) $S = 0,8D$.

При $S = D$ расчетная формула (3.19) принимает вид:

$$D = 0,683 \sqrt[3]{Q/(\varphi \cdot \gamma \cdot C \cdot n)};$$

при $S = 0,8D$:

$$D = 0,736 \sqrt[3]{Q/(\varphi \cdot \gamma \cdot C \cdot n)}.$$

Таблица 3.23

Значения расчетных характеристик φ, ω, n
для различных насыпных материалов

Характеристики насыпных материалов	Вид насыпного материала	Значения		
		φ	ω	n
Легкие, неабразивные	Известняковая мука, графит, древесные опилки	0,4	1,2	190-100
		0,32	1,6	150-80
Легкие, малоабразивные	Гипс, мел, асбест	0,25	2,5	100-50
Тяжелые, малоабразивные	Глина сухая	0,125	4,0	70-30
Тяжелые, абразивные	Цемент, зола, песок, глина сырая, шлак			

Таблица 3.24

Значение коэффициента C в зависимости от угла наклона винтового конвейера β

β	0°	5°	10°	15°	20°
C	1,0	0,90	0,8	0,7	0,6

Мощность привода винтового конвейера (N , кВт) определяется по формуле

$$N = Q \cdot L \cdot (\omega + \sin \alpha) / (367 \cdot \eta), \quad (3.20)$$

где Q – производительность, т/ч;

L – длина конвейера по осям загрузочного и разгрузочного патрубка, м;

ω – коэффициент сопротивления (табл. 3.23).

Ковшовые элеваторы применяются для вертикального транспортирования сыпучих пылевидных, мелко- и среднекусковых материалов. Возможна также транспортировка под углом 60 - 70° наклона элеватора к горизонту.

Выбор типа элеватора производится в зависимости от вида транспортируемого материала (табл. 3.25).

При выборе конкретного типоразмера элеватора можно воспользоваться данными, приведенными в прил. 13.

Производительность элеватора (Q , м³/ч) проверяется по формуле:

$$Q = 3,6 \cdot v \cdot q_k \cdot \kappa_n / a, \quad (3.21)$$

где v – скорость движения ковша, м/с;

a – расстояние между ковшами, м;

q_k – вместимость ковша, л;

κ_n – коэффициент заполнения ковшей (табл. 3.25).

Таблица 3.25

Рекомендуемые типы элеваторов в зависимости от транспортируемого материала

Транспортируемый материал	Тип элеватора	Тип ковшей	Скорость движения, м/с		Коэффициент заполнения ковшей
			ленты	цепи	
Цемент, гипс, порошковая известь, сухой мел	Быстроходный с центробежно-самотечной отгрузкой	Глубокие	1,25-1,80	-	0,75
Песок, зола (сухие)	Быстроходный с центробежно-самотечной отгрузкой	Глубокие	1,60-1,80	-	0,7-0,8
Гравий крупностью до 60 мм	Тихоходный с самотечно направленной отгрузкой	С бортовыми направляющими	0,8-1,0	0,8-1,0	0,7-0,85

Транспортируемый материал	Тип элеватора	Тип ковшей	Скорость движения, м/с		Коэффициент заполнения ковшей
			ленты	цепи	
Щебень, шлаки крупностью до 60 мм	Тихоходный с самотечно направленной отгрузкой	С бортовыми направляющими	-	0,5-0,8	0,6-0,8
Песок, порошковый мел (влажные)	Быстроходный с центробежно-самотечной отгрузкой	Мелкие	1,25-1,60	1,25-1,6	0,4-0,6

Пневмотранспортные желоба (аэрожелоба) предназначены для транспортировки порошкообразных материалов. Надежная работа пневможелоба обеспечивается при его уклоне не менее чем на $3-4^{\circ}$. Технические характеристики пневможелобов представлены в табл. 3.26.

Таблица 3.26

Технические характеристики пневможелобов

Ширина желоба, мм	Высота слоя материала в желобе, мм	Длина желоба, м	Производительность, м ³ /ч	Количество вентиляторов
125	50	До 150	20	1
250	50	До 150	40	1
400	60	До 80	30	1
400	60	Свыше 80	80	2
500	60	До 60	120	1
500	60	Свыше 60	120	2

Расчет производительности пневможелоба (Q , т/ч) производится по формуле

$$Q = 3240 \cdot F \cdot v \cdot \gamma, \quad (3.22)$$

где F – площадь поперечного сечения слоя материала, м²;

γ – насыпная плотность материала, кг/м³;

v – скорость движения слоя материала, м/с, определяется по формуле

$$v = k_1 \sqrt{R \cdot i},$$

где i – коэффициент, учитывающий уклон желоба ($i=0,03 \dots 0,05$);

k_I – коэффициент ($k_I=21,1 \dots 26,5$);

R – гидравлический радиус потока материала, м, определяется по формуле

$$R = B h_I / (2B + 2 h_I),$$

B – ширина желоба, м;

h_I – высота слоя материала в желобе, м.

Пневмотранспорт широко применяется для транспортирования сыпучих материалов. В пневмотранспортных установках транспортировка материала обеспечивается или пневмокамерными или пневмовинтовыми насосами. В строительных технологиях широко используются пневмовинтовые насосы.

Выбор пневмовинтового насоса производится по показателям производительности, высоты и дальности подачи (табл. 3.27).

Таблица 3.27

Технические характеристики пневмовинтовых насосов

Характеристики	Численные значения для марок				
	НПВ-36-2	НПВ-36-4	НПВ-63-2	НПВ-63-4	НПВ-110-2
Производительность, т/ч	36	36	63	63	110
Приведенная дальность подачи, м,	230	430	230	430	230
в том числе по вертикали	30	30	30	30	30
Рабочее давление в смесительной камере, кПа	2	3	2	3	2
Диаметр транспортного трубопровода, мм	140	175	175	175	250
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин.	18	25	22	41	38
Установившаяся мощность привода, кВт	30	75	55	132	110
Масса, кг	980	2700	2500	3150	2900

Поверочный расчет параметров пневмотранспортной установки производится с учетом требуемой производительности установки и дальности транспортирования материала.

Расчету подлежат следующие характеристики:

- приведенная длина транспортного трубопровода;
- концентрация материала в смеси с воздухом;
- рабочая емкость воздуха в трубе;
- расход воздуха на транспортирование материала;
- внутренний диаметр транспортного трубопровода.

Приведенная длина трубопровода ($L_{пр}$, м) рассчитывается как

$$L = \sum L_2 + \sum L_6 + \sum L_{ЭК} + \sum L_{Эп},$$

(3.23)

где $\sum L_2$ - сумма длин горизонтальных участков, м;

ΣL_g - сумма длин вертикальных участков, м;

$\Sigma L_{эк}$ - сумма условных длин, эквивалентных по гидравлическому сопротивлению количеству колен на трубопроводе, принимается по табл. 3.28;

$\Sigma L_{оп}$ - сумма условных длин, эквивалентных количеству переключателей на трубопроводе; для одного двухходового переключателя $L_n = 8$ м.

Таблица 3.28

Значение $L_{эк}$

Вид транспортируемого материала	Значение $L_{эк}$, м, при отношении радиуса колена к диаметру трубы			
	4	6	10	20
Пылевидный	4-8	5-10	8-10	8-10
Зерновой однородный	-	8-10	12-18	16-20
Среднекусковой	-	-	28-35	38-45

Концентрация материала в смеси с воздухом и рекомендуемые для них скорости воздушного потока представлены в табл. 3.29.

Таблица 3.29

Массовые концентрации материала и рабочие скорости воздушного потока

Транспортируемый материал	Массовая концентрация, кг/кг	Рабочие скорости воздушного потока, м/с
Цемент и другие вяжущие	20-100	18-25
Угольная пыль	20-100	9-25
Песок и подобные ему материалы	3-20	30-40

Расход воздуха (G_g , м³/с) определяется по формуле

$$G_g = Q / (6,6 \cdot \rho_g \cdot \mu), \quad (3.24)$$

где Q – расчетная производительность установки, т/ч;

ρ_g – плотность воздуха при атмосферном давлении и рабочей температуре 20⁰С, $\rho_g = 1,2$ кг/м³;

μ – массовая концентрация материала в воздухе, кг/кг.

Внутренний диаметр трубопровода (d_m , мм) определяется по формуле

$$d_m = 1000 \sqrt{4 \cdot G_g / (\pi \cdot v_p)}, \quad (3.25)$$

где v_p – рабочая скорость потока, м/с.

По полученному расчетному значению d_m принимается стальная бесшовная труба (табл. 3.30).

Таблица 3.30

Трубы стальные бесшовные

<i>Диаметр наружный, мм</i>	<i>Толщина стенки, мм</i>	<i>Диаметр наружный, мм</i>	<i>Толщина стенки, мм</i>
89; 95; 102	3,5	203; 219	6,0
108;	4,0	245;273	6,5
114;121;127;133	4,5	299;325	7,5
140;146;152;159	5,0	351	8,0
168; 180; 194			

Выбор и расчет оборудования для дозирования материалов

Правильный выбор дозирующего оборудования обеспечивает оптимальный режим работы основного технологического оборудования (сушилок, печей, мельниц, смесителей и др.).

На заводах вяжущих материалов подача и дозирование производятся или по объему, или по массе.

Для наиболее распространенного объемного дозирования применяются пластинчатые, ленточные, тарельчатые, шнековые, лопастные и другие типы питателей.

Пластинчатые питатели предназначены для подачи из бункеров в дробильные машины крупнокусковых материалов с размерами от 200 до 1200 мм. Они изготавливаются с шириной полотна 800-2000 мм, длиной до 28 м и могут устанавливаться с наклоном до 15^0 . Производительность пластинчатых питателей составляет от 90 до 1500 м³/ч (прил. 9).

Ленточные питатели предназначены для непрерывной подачи сыпучих материалов из бункеров в машины или на транспортерные ленты конвейеров. Их характеристики представлены в табл. 3.31.

Таблица 3.31

Технические характеристики ленточных питателей

<i>Характеристики</i>	<i>Численные значения по маркам</i>				
	<i>ПЛ-1</i>	<i>ПЛ-2</i>	<i>ПЛ-4</i>	<i>ПЛ-5</i>	<i>ПЛ-6</i>
Ширина ленты, мм	400	400	400	400	400
Скорость движения ленты, м/с	0,018- 0,262	0,018- 0,262	0,018- 0,262	0,018- 0,262	0,018 -
Максимальная крупность питания, мм	50	50	50	50	0,262 50
Габаритные размеры, мм					
длина	1485	1920	2320	3320	
ширина	788	788	788	788	3820
высота	920	920	920	920	788
Масса, кг	405	458	525	557	920 589

Максимальная производительность ленточных питателей (Q , т/ч) определяется по формуле

$$Q = 3600 \cdot b \cdot h \cdot v \cdot f \cdot \gamma, \quad (3.26)$$

где b – расстояние между бортами, м, можно принять $b=0,9B$ (где B – ширина ленты);

h – высота бортов, м; обычно $h=(0,4 \dots 0,5)B$;

v – скорость ленты, м/с;

f – коэффициент наполнения желоба, $f=0,7 \dots 0,8$;

γ – насыпная плотность материала, т/м³.

Тарельчатые питатели предназначены для непрерывной подачи насыпных материалов крупностью до 50 мм в сушильные барабаны, шаровые мельницы. Устанавливаются под бункерами или силосами. Выбираются по производительности. Характеристики представлены в табл. 3.32.

Ячейковые (лопастные) питатели применяются для подачи и объемного дозирования сыпучих материалов (сухой сырьевой муки), удаления пыли из бункеров, рукавных или электрических фильтров. Их характеристики приведены в табл. 3.33.

Весовые дозаторы применяют для непрерывного дозирования сыпучих материалов (песка, гипса, клинкера, добавок и т.п.). Обычно применяют ленточные весовые дозаторы с автоматическим управлением (табл. 3.34).

Таблица 3.32

Технические характеристики тарельчатых питателей

Характеристики	Марки питателей									
	СМ-86А	СМ-179А	4131	ДЛ-12А	ДЛ-16А	ДЛ-20А	Д-100	Д-160	Д-200	
Диаметр тарелки, м	0,5	0,75	1,0	1,3	1,6	2,0	1,0	1,6	2,0	
Частота вращения тарелки, мин ⁻¹	4,2	4,2	7,2	4,8	4,2	4,2	6,6	6,6	6,6	
Производительность, м ³ /ч	1,5	3,0	10,0	15,0	28,0	35,0	10,0	25,0	35,0	
Мощность электродвигателя, кВт	0,6	0,6	1,0	1,7	2,8	4,5	1,7	2,8	7,0	
Габаритные размеры, м:	длина	1,06	1,13	1,30	-	2,80	2,20	1,59	2,24	2,50
	ширина	0,52	0,77	1,27	-	1,80	2,30	1,0	1,60	2,00
	высота	0,73	0,97	1,03	1,34	1,80	1,78	0,62	0,70	0,79
Масса, т	0,21	0,24	0,45	1,38	2,56	3,20	0,80	1,28	0,75	

Таблица 3.33

Технические характеристики лопастных питателей

Характеристики	Размеры питателя, мм				
	200x200	300x300	400x400	500x800	500x800
Производительность, м ³ /ч	5	16	32	90	15
Частота вращения лопастей, мин ⁻¹	25	25	25	15,3	23,6
Мощность электродвигателя, кВт	1,0	1,0	2,8	7,0	7,0
Общая масса питателя, т	0,29	0,44	0,6	1,6	1,6

Таблица 3.34

Технические характеристики автоматических весовых дозаторов типа ЛДА

Характеристики	ЛДА-12Н	ЛДА-32Н	ЛДА-26Н	ЛДА-60Н	ЛДА-100Н
Ширина ленты, мм	500	500	800	800	1000
Скорость движения ленты, м/с	0,17	0,17	0,35	0,35	0,35
Производительность, м ³ /ч	1,5	8	25	40	100
Габаритные размеры с вибропитателем, мм:					
длина	4500	4500	4500	4500	4500
ширина	1135	1135	1435	1435	1635
высота	1290	1290	1350	1350	1425
Масса, кг:					
дозатора	560	560	600	600	600
вибропитателя	690	690	640	640	1300
Мощность привода, кВт	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0

Выбор и расчет расходных бункеров

Форма бункера может быть различной. В разрабатываемом проекте рекомендуется применять бункеры пирамидальной формы (рис. 3.4). Геометрический объем такого бункера составляет

$$V = A \cdot B \cdot H_2 + 1/3 \cdot H_1 \cdot (AB + ab + \sqrt{A \cdot B \cdot a \cdot b}),$$

где H_2 – высота призматической части бункера, м;
 H_1 – высота пирамидальной части бункера, м;
 A, B – размеры в плане призматической части бункера, м;
 a, b – размеры выпускного отверстия, м.

Угол наклона стенок пирамидальной части бункера принимается в пределах $50-55^\circ$.

Объем расходного бункера перед технологическим оборудованием принимают из расчета обеспечения запаса материала на 2 - 3 часа работы этого оборудования. Считается, что такой запас исключает остановку работы основного оборудования из-за возможных непредвиденных остановок транспортирующего оборудования.

Расчет пирамидального бункера ведется в следующей последовательности:

1. Конструктивно назначают размеры верхнего основания бункера (A и B).

2. Определяют размеры нижнего отверстия (a и b). Наименьшие размеры этих параметров, мм, определяются по формуле

$$a(b) = \kappa \cdot (d_{\max} + 80) \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где $\kappa = 2,6$ – для сортированного материала; $\kappa = 2,4$ – для рядового материала;
 d_{\max} – максимальный размер кусков, мм;
 φ – угол естественного откоса материала в состоянии покоя (табл.3.35).

Минимальные размеры выпускных отверстий бункера составляют:

для песка сухого	- 150 x 150 мм;
для песка влажного	- 450 x 450 мм;
для цемента	- 225 x 225 мм;
для дробленых материалов крупностью	
до 60 мм	- 300 x 300 мм;
до 100 мм	- 450 x 450 мм;
до 150 мм	- 650 x 650 мм.

3. Определяют углы наклона к горизонту (град.) стенок бункера как

$$\alpha = \varphi + (5 \dots 10^\circ),$$

где φ – угол естественного откоса для материала в состоянии покоя (табл. 3.35).

4. Определяют высоту пирамидальной части бункера; для бункера квадратного сечения

$$H_1 = \frac{A-a}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

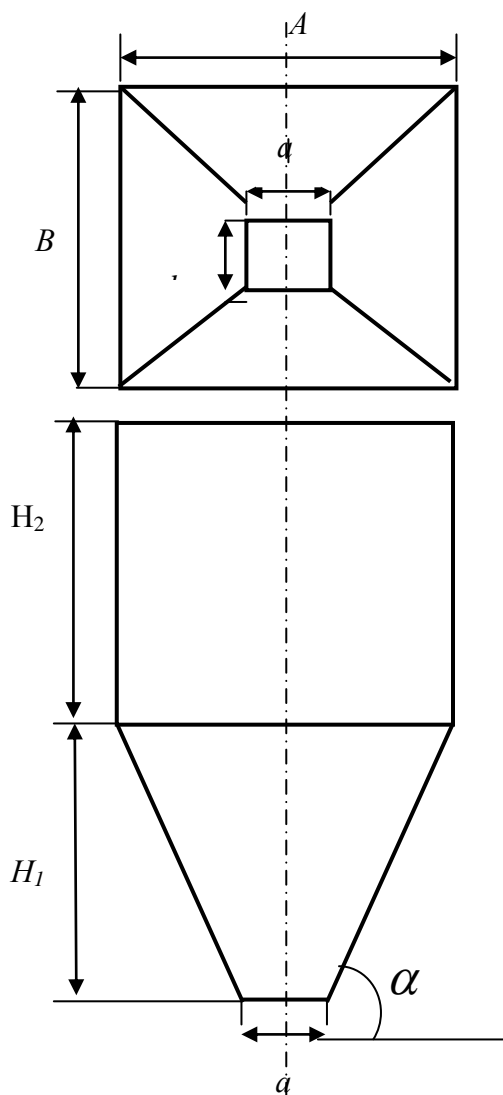


Рис.3.4. Схема пирамидального бункера

5. Исходя из общего объема запаса материала в бункере и вычисленного объема пирамидальной части определяют высоту призматической части бункера:

$$H_2 = \frac{V - 1/3 \cdot H_1 \cdot (A \cdot B + a \cdot b + \sqrt{A \cdot B \cdot a \cdot b})}{A \cdot B}.$$

6. Общая высота бункера (H) составляет
 $H = H_1 + H_2.$

Таблица 3.35

Углы естественного откоса (φ) некоторых материалов
в состоянии покоя

<i>Материал</i>	<i>φ, град.</i>
Гипс мелкокусковой	40
Глина сухая мелкокусковая	50
Гравий	30...45
Зола сухая	40...50
Известняк мелкокусковой	40...45
Песок сухой	30...35
Шлак	35...50
Цемент	40
Щебень сухой	33...35

Выбор грузоподъемного оборудования

На предприятиях, изготовляющих разнообразные строительные материалы, в том числе вяжущие, применяют весьма габаритное и тяжелое технологическое оборудование, для монтажа, обслуживания и ремонта которого обязательно применение разнообразных грузоподъемных средств. В ряде случаев, например при проведении складских операций, грузоподъемные устройства выполняют технологические операции.

Наиболее широко применяются мостовые краны, которыми укомплектовываются дробильно-сортировочные, помольные, сушильные, обжиговые цеха заводов, а также склады материалов и полуфабрикатов.

Выбор мостового крана производится по грузоподъемности крана и ширине пролета цеха.

Для дробильно-сортировочных цехов при выборе требуемого крана необходимо учитывать не только общую массу дробилки, но и массу отдельных узлов (табл. 3.36), так как наиболее мощные дробилки поставляются заводами-изготовителями не в собранном виде, а по узлам.

Выбор мостовых кранов для сушильных и помольных цехов производится по массе наиболее тяжелых и габаритных узлов. Ориентировочно можно принимать в сушильных отделениях грузоподъемность мостовых кранов 15 т, в

помольных - до 30 т. При этом следует учитывать, что привод шаровых мельниц, состоящий из электродвигателя и редуктора, располагается за стеной в соседнем пролете и для их монтажа и обслуживания принимаются собственные мостовые краны с грузоподъемностью до 30...35 т.

Таблица 3.36

Рекомендуемые грузоподъемности кранов
для монтажа щековых и конусных дробилок

<i>Характеристики дробилок</i>			<i>Грузоподъемность крана, т</i>
<i>Тип оборудования</i>	<i>Общая масса, т</i>	<i>Масса наиболее тяжелой сменной детали, т</i>	
Дробилки щековые			
600 x 900 мм	21,37	5,1	10
900 x 1200 мм	72,9	13,47	15
1200 x 150 мм	140,5	24,5	30
1500 x 2100 мм	255,6	35,8	50
Дробилки конусные крупного дробления - ККД			
ККД-500/75	38,54	7,743	10
ККД-900/1600	134,58	25,7	30
ККД-1200/150	216,75	39,97	50
ККД-1500/180	409,66	77,56	100
ККД-1500/300	610,9	132,21	150
Дробилки среднего дробления – КСД			
КСД-600	3,45	0,67	1
КСД-900	9,79	1,15	2
КСД-1200А	22,432	3,812	5
КСД-1200В	22,428	3,808	5
КСД-1750В	46,895	7,9	10
КСД-2200В	79,27	17,04	20
Дробилки мелкого дробления – КМД			
КМД-1200	22,583	3,372	5
КМД-1750	47,02	8,796	10
КМД-2200	95,37	16,44	20

В складских помещениях для загрузки сыпучих и мелкокусковых материалов (шлака, клинкера, комковой извести-кипелки и т.п.) в расходные бункеры применяются мостовые грейферные краны грузоподъемностью от 5 т до 20т.

На предприятиях промышленности строительных материалов, имеющих технологические процессы с невысокой требуемой грузоподъемностью кранов, широко применяются подвесные кран-балки с грузоподъемностью, не превышающей 5 т, которые монтируются на конструкциях пролетных балок или ферм.

Краткая техническая характеристика мостовых кранов приведена в табл. 3.37, а более полная характеристика в [15].

Таблица 3.37

Краткая техническая характеристика кранов*

Элементы характеристики	Тип грузоподъемного устройства		
	мостовой кран общего назначения	мостовой грейферный кран	мостовой подвесной одно- балочный кран
Грузоподъемность, т	5...20	5...20	0,25...5
Пролет, м	10,5...31,5	10,5...31,5	3...12
Высота подъема груза, м	16...12	16...23	6
Скорость перемеще- ния крана, м/мин	50	72...100	30
Скорость подъема груза, м/мин	2,5	40...50	8

*В пояснительной записке студент приводит однозначные показатели грузоподъемности выбранного крана и принятые размеры пролетов производственных цехов.

3.7. Параметрический расчет аппарата

Для параметрического расчета выбирается (по согласованию с руководителем) один или несколько аппаратов, являющихся определяющими в принятой технологической схеме производства. В результате расчета должны быть получены численные значения основных характеристик (параметров), определяющих ход технологического процесса в заданном аппарате, а также геометрические размеры аппарата.

Методика расчета аппарата изложена в учебном пособии [32].

Чтобы убедиться в правильности выполненных расчетов, целесообразно сравнить основные расчетные характеристики с таковыми для серийно выпускаемых аппаратов. Сведения о них можно найти в справочной литературе и в приложениях к [32].

В соответствии с выполненными расчетами в графической части дается схематическое изображение аппарата. В качестве прототипа может быть использован близкий по характеристикам серийно выпускаемый аппарат. На схеме аппарата необходимо дать разметку материальных и энергетических потоков с указанием входов, выходов и предполагаемых траекторий движения, а также места установки датчиков контроля режимных параметров технологического процесса. Для разметок используются условные обозначения, расшифровка которых приводится под схемой.

Дополнительно к расчету основного аппарата выполняется расчет вспомогательного оборудования (вентиляторов, дымососов, пылеосадительных устройств и т.п.). Это оборудование также изображается на чертеже в виде монтажной схемы к основному аппарату.

3.8. Анализ технологического процесса с выявлением определяющих законов его протекания. Разработка технологического регламента

Исходной базой для представления этого раздела комплексного проекта является технологическая схема, представленная в разделе 4 пояснительной записки. Теперь, после того, как основное содержание технологии представлено, оборудование рассчитано или подобрано, выполняется дальнейший анализ технологического процесса, который состоит в глубоком рассмотрении существа физико-химических превращений на каждом технологическом переделе и в каждом аппарате. Принципиальным здесь является выявление тех или иных превращений, характеристика материальных и энергетических потоков, сопровождающих эти превращения. Результаты анализа представляются в виде **операторной схемы**, которая с помощью набора символов (прил. 4) отражает существо всех процессов технологии, материальных и энергетических потоков, включая пылеочистку и прочее. Пример оформления операторной схемы приведен на рис. П. 2.3. Общее описание операторной схемы представлено в пояснительной записке.

На основе операторной схемы составляется регламент технологического процесса. В регламенте дается сводка и описание всех элементарных процессов, уточняются материальные и энергетические потоки, составляются материальные и энергетические балансы по отдельным технологическим операторам, аппаратам и по процессу в целом. С учетом физико-химической сущности процессов выявляются и вносятся в регламент все количественные характеристики. Регламент представляется в виде табл. 3.38.

Таблица 3.38

Регламент технологического процесса

<i>Технологический передел, процесс и его содержание</i>	<i>Количественные характеристики параметров процесса</i>	<i>Операторы</i>	<i>Материальные и энергетические потоки, балансы</i>

Пример оформления технологического регламента приведен в прил. 5

3.9. Расчет материальных потоков, уточненный расчет производственной программы

На основании материальных балансов технологического регламента производства вяжущего вещества выполняется уточненный расчет производственной программы, т.е. определяется количество материалов, проходящих через отдельные технологические операции. Для этого из уравнения материального баланса всего технологического процесса находится в общем виде количество сырья, поступающего на склад (т/ч). Далее проводится уточненный расчет количества материалов (сырья) по всем технологическим переделам в соответствии с разработанным регламентом. Проверка правильности расчетов выполняется решением уравнения материального баланса всего технологического процесса (прил. 7). Если отклонение от заданной производительности составляет менее 1 %, то расчет выполнен правильно.

В конце раздела дается сводка грузопотоков (табл. 3.39).

Таблица 3.39

Грузопотоки при производстве вяжущего вещества

<i>Наименование грузопотоков</i>	<i>Величина грузопотоков, т</i>			
	<i>в год</i>	<i>в сутки</i>	<i>в смену</i>	<i>в час</i>

В соответствии с рассчитанными грузопотоками производится сверка соответствия производительности выбранного оборудования. При несоответствиях вносятся необходимые изменения в его характеристики.

3.10. Выбор типов и расчет емкости складов сырья и готовой продукции

Склады проектируются на основании норм технологического проектирования, с учетом величины грузопотоков и принятых условий организации работы технологической линии.

Сырье поступает в производственные цехи с заводских сырьевых складов. Запасы сырья на складах необходимы для бесперебойной работы предприятия в периоды между поставками. Чтобы обеспечить ритмичную непрерывную работу оборудования, создаются промежуточные склады в виде бункеров или других емкостей.

Выбор типов складов определяется технологическими и технико-экономическими показателями. В основном вид склада следует принимать в закрытом исполнении, что обеспечивает стабильность качественных характеристик хранимого материала. При правильном выборе типа склада обеспечивает

ся быстрая разгрузка прибывающего транспорта, бесперебойная подача сырья в производство, наименьшая стоимость транспортных операций.

В данном проекте степень проработки вопроса о складах сводится к определению типа склада, запаса сырья на складе (в днях, м³) и размеров склада.

Величина запаса на складе должна быть минимально необходимой, что позволяет улучшить использование оборотных фондов предприятия.

В табл. 3.40 приведены нормы запаса материалов на складах.

Таблица 3.40

Нормы запаса материалов на складах

Вид материала	Расстояние транспортирования, км	Вид транспорта	Запас сырья на складе, сут.	
			текущий	страховой
Сырьевые материалы	до 10	Автотранспорт, подвесной конвейер, ж/д транспорт	1-2	1
			1-2	1
			2-3	1
Технологические добавки	до 50	Автотранспорт, ж/д транспорт	2-3	1
	до 500		3-5	2
Готовая продукция	до 100	Автотранспорт, ж/д транспорт	3-5	4
	до 1000		2-4	-
			до 5	-

На основании этих данных рассчитывается требуемый объем хранящихся на складе сырьевых материалов:

$$V_{\text{mat.}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{50} \cdot Z, \quad (3.27)$$

где $Q_{\text{сут}}$ – суточный расход сырьевого материала, м³,

Z – норма запаса материала на складе, сутки.

Объем склада вычисляется по формуле

$$V_{\text{скл}} = \frac{V_{\text{mat}}}{K}, \quad (3.28)$$

где K – коэффициент использования объема склада ($K = 0,75 - 0,85$).

Ширина склада назначается исходя из принятой его высоты с учетом угла естественного откоса хранимого материала. Длина склада определяется по

формуле

$$L_{\text{скл.}} = \frac{V_{\text{скл.}}}{F_{\text{скл.}}}, \quad (3.29)$$

где $F_{\text{скл.}}$ – часть поперечного сечения склада, заполненная материалом (определяется путем эскизного изображения).

Общий объем склада ($V_{скл}$) может рассчитываться суммарно для нескольких материалов, предусмотренных технологией, если для них приемлем один тип склада. В этом случае для каждого материала предусматривается лишь отдельный отсек.

Склад оборудуется приемными устройствами (бункерами). Транспортное оборудование, с помощью которого происходит подача сырья и материалов в производство, размещается на эстакадах, галереях и т.п.

Для хранения промежуточных запасов обычно применяют бункера прямоугольного вида с пирамидальной нижней частью. Угол наклона стенок бункера и течек к горизонту – не менее $50 - 55^{\circ}$. Если применяются сблокированные бункера, то их проектируют одной высоты, причем размеры бункеров не должны резко отличаться. Обычно емкость промежуточных бункеров принимается с учетом обеспечения 1 – 2-часового запаса материала:

$$V_{бункер} = \frac{B_q \cdot \tau}{K_1}, \quad (3.30)$$

где B_q – количество материала, выходящего из бункера в час, $m^3/ч$, т/ч;

τ – время, на которое создается запас, ч;

K_1 – коэффициент заполнения бункера ($K_1=0,9$).

Для хранения готовой продукции обычно предусматриваются силосы-цилиндры с днищем, оборудованные разрыхляющими устройствами. При проектировании силосов обычно принимаются типовые решения. При необходимости готовую продукцию загружают в контейнеры или затаривают в битумизированные бумажные мешки. Для затаривания используются упаковочные машины.

Склады для хранения материалов представляют в эскизном изображении в пояснительной записке и на схеме генерального плана предприятия.

3.11. Компонувочные решения производства вяжущего вещества

В этом разделе решаются вопросы общего расположения и взаимной увязки оборудования (основного технологического и транспортного), а также взаимной увязки цехов и отделений, входящих в состав всего предприятия по выпуску вяжущего вещества, в том числе складов сырья и готовой продукции (дробильно-сортировочного отделения, цехов сушки, обжига и помола).

Целесообразно вначале составлять эскиз генерального плана. На нем производственные здания располагаются в соответствии с технологической схемой, с учетом поточности производства, при минимуме транспортных операций.

При компоновке оборудования в основных цехах (помола, обжига) необходимо стремиться к созданию таких условий, при которых оно будет использовано наиболее эффективно. Необходимо тщательно продумать организацию рабочих мест, установить размеры необходимых проходов для обслуживания и

ремонта машин, учесть установку обеспыливающих устройств, средств контроля, автоматизации и т.п.

Как правило, размещение оборудования осуществляется в унифицированных пролетах промышленных зданий с шагом колонн 6 или 12 м, пролетами 18 и 24 м.

Начинать компоновку в цехе следует с расстановки основного технологического оборудования. При этом последовательность размещения оборудования может быть принята в соответствии с направлением технологического потока, либо исходя из условий компактного расположения ведущих агрегатов с последующим размещением остального технологического оборудования, имеющего вспомогательное назначение. Компоновка должна быть такой, чтобы производственный процесс протекал без возвратных движений и пересечений; желательно применять вертикальную схему подачи материалов самотеком, при этом сокращается количество транспортных единиц.

Компоновка предполагает размещение оборудования не только в плане, но и в объеме здания, что требует одновременной увязки плана и разрезов проектируемого цеха. Оптимальный вариант компоновки характеризуется наименьшей площадью и наименьшим объемом производственного помещения, но при достаточных площадях, необходимых для обслуживания и ремонта оборудования, для выполнения всех требований техники безопасности и наилучших условий организации производства. Окончательный вариант компоновки должен быть согласован с руководителем проектирования, после чего он вычерчивается на листе формата А1.

3.12. Разработка схемы генерального плана предприятия

В данном разделе решаются вопросы размещения на территории предприятия основных и вспомогательных производственных помещений, дорог, проездов и проходов, благоустройства территории.

Основой для разработки схемы генерального плана являются принятая технологическая схема производства вяжущего, компоновочные решения производственных и вспомогательных цехов, грузооборот сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, интенсивность и направление людских потоков.

При проектировании генерального плана территория, занимаемая промышленным предприятием, разбивается на зоны: *производственную, складскую, подсобную и предзаводскую*. Производственные помещения располагаются с учетом поточности производства. Для сокращения заводской территории, протяженности коммуникаций и инженерных сетей необходимо предусматривать блокировку цехов. Возможности блокировки могут быть ограничены только по пожаровзрывоопасным и санитарным условиям производства.

Размещение производственных зданий и сооружений на генплане не должно носить хаотичного характера; следует стремиться к стройному их раз-

мещению, по возможности обеспечивая прямолинейность проездов, соблюдая нормы противопожарных и санитарных разрывов между зданиями.

При проектировании подъездных путей следует соблюдать нормы в отношении ширины дорог и радиусов закругления. Количество подъездных путей и их расположение должно обеспечивать бесперебойную и безопасную работу транспорта.

При разработке генплана необходимо предусматривать санитарно-защитную зону, которую следует благоустраивать и озеленять. Озеленению подлежат предзаводские площадки, территории вдоль ограждения предприятия, площадки у проходных, мест отдыха и т.д. Площадь озеленения должна составлять 10-15 % площади территории предприятия. При разработке схемы генерального плана необходимо руководствоваться требованиями СНиП 11-89-80* «Генеральные планы промышленных предприятий» (издание 1995 г.).

3.13. Организация контроля технологического процесса и качества готовой продукции

Организация контроля имеет целью обеспечение выпуска продукции, отвечающей требованиям действующих стандартов и технических условий.

На предприятии осуществляют входной контроль качества исходных материалов, текущий пооперационный контроль соблюдения технологических режимов и выходной контроль качества готовой продукции.

Особое внимание уделяется использованию автоматических средств контроля и регулирования технологических процессов, приборов для автоматического отбора проб, химического анализа сырья, определения влажности материалов и т.д.

Описание этого раздела должно носить конкретный характер и содержать количественные данные по контрольным характеристикам технологических процессов, качества сырья и готовой продукции. Система организации контроля увязывается с разработкой технологического регламента. Решения по организации контроля рекомендуется представлять в виде табл. 3.41.

Таблица 3.41

Карта контроля
технологического процесса производства

(указать вид вяжущего)

<i>Технологическая операция, процесс, продукция</i>	<i>Контролируемые характеристики</i>	<i>Место контроля</i>	<i>Периодичность</i>	<i>Контролирующее лицо</i>	<i>Метод контроля</i>

3.14. Мероприятия по технике безопасности, охране труда и защите окружающей среды

В данном разделе дается обзор основных мероприятий по технике безопасности и охране окружающей среды, заложенных в проекте, приводится характеристика профессиональных вредностей и мер, мероприятий, разработанных проектировщиком, для предотвращения их воздействия на производственный персонал и окружающую среду. Описание защитных устройств и мероприятий должно носить конкретный характер. Это прежде всего касается вопросов обеспыливания и степени очистки воздуха, снижения производственного шума, защиты от ожогов, поражения электрическим током, травм другого характера.

3.15. Оценка эффективности решений, принятых в проекте

На основании выполненных разработок рассчитываются и приводятся в пояснительной записке технико-экономические показатели запроектированного цеха, а также дается сравнение их с показателями действующих предприятий. Определяются следующие технико-экономические показатели: расходы энергетических ресурсов (топлива, электроэнергии), затраты труда (трудоемкость), производительность труда (выработка в натуральных единицах), энерговооруженность, съем продукции с 1 м² производственной площади.

Указанные показатели могут быть определены следующим образом.

Расход топлива на единицу продукции устанавливается в результате расчета (см. прил. 9) или по характеристикам принятого оборудования.

Удельный расход электроэнергии, $\mathcal{E}_{y\partial}$, определяется по формуле

$$\mathcal{E}_{y\partial} = \frac{\mathcal{E}_2}{P}, \quad (3.31)$$

где \mathcal{E}_2 – годовой расход электроэнергии, кВт·ч;

P – годовая производительность предприятия, т.

$$\mathcal{E}_2 = \frac{N \cdot F \cdot K_6 \cdot K_3}{\eta} \cdot 1,1, \quad (3.32)$$

где N – установленная мощность оборудования, кВт;

F – годовой фонд времени работы предприятия, ч;

K_6 – коэффициент использования оборудования во времени;

K_3 – коэффициент загрузки мощности двигателя;

η – коэффициент полезного действия электродвигателя;

1,1 – коэффициент, учитывающий потери в электросети.

Затраты труда на единицу продукции (трудоемкость) определяются как частное от деления годового количества человеко-часов, отработанных основными и вспомогательными производственными рабочими (явочная численность), на годовой выпуск готовой продукции.

Потребное количество основных рабочих определяется исходя из количества выбранного оборудования и принятого количества производственных рабочих на технологической линии. Численность вспомогательных рабочих составляет 25-40 % от численности основных производственных рабочих.

Производительность труда – количество продукции, приходящейся в год на одного списочного рабочего.

Списочное число рабочих (K_c) равно

$$K_c = K_y \cdot K_n,$$

(3.33)

где K_y – явочное количество рабочих, чел.;

K_n – коэффициент, учитывающий количество нерабочих дней в году.

Энерговооруженность – мощность (кВт) всех установленных электродвигателей, приходящаяся на одного производственного рабочего.

Съем с 1 м² производственной площади (С) равен

$$C = \frac{P}{F}, \quad (3.34)$$

где F – производственная площадь цехов, м².

Все технико-экономические показатели следует представить в виде сводной табл. 3.42.

Таблица 3.42

Основные технико-экономические показатели
запроектированного предприятия

Наименование показателей	Единицы измерения	Величина показателя	
		запроектированного предприятия	аналогичного предприятия

3.16. Список использованных источников (библиографический список)

В конце пояснительной записки должен быть приведен список использованных источников.

При разработке проекта студент должен постоянно вести записи в рабочей тетради обо всех использованных источниках (учебниках, справочниках, журнальных статьях, проектах) с точным указанием автора, наименования, года издания и сразу же присваивать выбранным источникам порядковые номера.

Список источников составляется по правилам, изложенным в ГОСТе 7.32-2001. В качестве примера оформления можно использовать библиографический список рекомендуемой литературы к настоящему изданию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После выполнения проекта необходимо подвести итоги этой сложной работы, оценить ее значение для освоения студентом специальности. Полезно оценить с более глубоких позиций, какое же место занимает каждая дисциплина, представляемая в проекте, в общем образовательном цикле, какие теоретические положения этих дисциплин нашли свое отражение в проекте, насколько важны получаемые знания для практической подготовки специалиста. Если исполнитель проекта смог ответить на эти вопросы, то можно считать, что цель выполнения комплексного проекта достигнута.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества: учебник /А.В. Волженский.- М.: СИ, 1986. - 462 с.
2. Волженский, А.В. Применение золошлаков в производстве строительных материалов / А.В. Волженский, И.А. Иванов, В.Н. Виноградов.- М.: СИ, 1984.- 246 с.
3. Волженский, А.В. Гипсовые вяжущие изделия / А.В. Волженский, А.В. Ферронская.- М.: СИ, 1974. - 328 с.
4. Боженков, П.И. Технология автоклавных материалов / П.И. Боженков.- Л.: СИ, 1978. - 267 с.
5. Монастырев, А.В. Производство извести / А.В. Монастырев.- М.: СИ, 1972. - 270 с.
6. Табунщиков, Н.П. Производство извести / Н.П. Табунщиков.- М.: СИ, 1984. - 295 с.
7. Саталкин, А.В. Технология изделий из силикатных бетонов / А.В. Саталкин, П.Г. Комохов, К.Ф. Ломунов, А.А. Федин, А.К. Яворский.- М.: СИ, 1972. - 344 с.
8. Гладких, К.В. Изделия из ячеистых бетонов на основе шлаков и зол / К.В. Гладких. - М.: СИ, 1976. - 256 с.
9. Волженский, А.В. Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие вещества / А.В. Волженский, И.В. Стамбулко, М.И. Роговой.- М.: СИ, 1971. - 392 с.
10. Вихтер, Я.И. Производство гипсовых вяжущих веществ: монография / Я.И. Вихтер. - М.: СИ, 1974. - 280 с.
11. Строительные машины: справочник / под ред. В.А. Баумана, Ф.А. Лапиро. - М.: Машиностроение, 1977. - Т.1. - 502 с. - Т.2. - 496 с.
12. Таранукин, М.А. Справочник молодого рабочего цементного производства / М.А. Таранукин, Б.В. Алексеев. - М.: СИ, 1988. - 175с.
13. Степанов, Л.П. Устройство и монтаж дробильно-обогащительного оборудования: учеб. пособие / Л.П. Степанов, А.И. Косарев.- М.: Высшая школа, 1969. - 224 с.

14. Лапшин, А.Б. Обеспыливание в производстве извести / А.Б. Лапшин. - М.: СИ, 1988. - 72 с.
15. Справочник по кранам / под ред. А.И. Дукельского. - М.: Машиностроение, 1974. - 450 с.
16. Сиденко, П.М. Измельчение в химической промышленности / П.М. Сиденко. - М.: Химия, 1974. - 368 с.
17. Тепловые расчеты печей и сушилок силикатной промышленности / под ред. Д.Б. Гинзбурга, В.А. Зилина. - 2-е изд., перераб. - М.: СИ, 1964.- 496 с.
18. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник / А.Г. Касаткин. - М.: Химия, 1977. - 752 с.
19. Роговой, М.И. Расчеты и задачи по теплотехническому оборудованию предприятий промышленности строительных материалов: учеб. пособие / М.И. Роговой, М.Н. Кондакова, М.Н. Сагановский. - М.: СИ, 1975. - 320 с.
20. Перегудов, В.В. Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и деталей: учеб. пособие / В.В. Перегудов, М.И. Роговой.- М.: СИ, 1983. - 416 с.
21. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков.- 10-е изд., перераб. и доп. - Л.: Химия, 1987. - 576 с.
22. Роддатис, К.Ф. Справочник по котельным установкам малой производительности / К.Ф. Роддатис, Я.Б. Соколовский. - М.: Энергия, 1976. - 363 с.
23. Романков, П.Г. Гидромеханические процессы химической технологии: учеб. пособие / П.Г. Романков, М.И. Курочкина. - Л.: Химия, 1982. - 260 с.
24. Ахундов, А.А. Обжиг в кипящем слое в производстве строительных материалов / А.А. Ахундов, Г.А. Петрихина, А.И. Полинковская, В.Л. Пржецлавский. - М.: СИ, 1975. - 248 с.
25. Семидуберский, М.С. Насосы, компрессоры, вентиляторы: учеб. пособие / М.С. Семидуберский. - М.: Высшая школа, 1966. - 408 с.
26. Лебедев, П.Д. Теплоиспользующие установки промышленных предприятий (курсовое проектирование): учеб. пособие / П.Д. Лебедев, А.А. Щукин. - М.: Энергия, 1970. - 408 с.
27. Справочник по обогащению руд / под ред. О.С. Богданова, В.А. Олевского. - М.: Недра, 1982. - 366 с.
28. Строительные машины: справочник / под ред. М.Н. Горбовца.- М.: Машиностроение. - Т. 2., 1991. - 496 с.
29. Сапожников, М.Я. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов / М.Я. Сапожников, Н.Е. Дроздов. - М.: СИ, 1970. - 488 с.
30. Строительные машины: справочник / под общ. ред. М.Н. Горбовца. - 3-е изд., перераб. и доп. - Т.2. - М.: Машиностроение, 1991. - 496 с.
31. Справочник современного проектировщика: справочник / под общ. ред. Л.Р. Маиляна. - Ростов-Дон: Феникс, 2005. - 544 с.
32. Шमितько, Е.И. Процессы и аппараты технологии строительных материалов и изделий (расчет аппаратов): учеб. пособие / Е.И. Шमितько: Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т ГАСУ. - 2-е изд., перераб. и доп. - Воронеж:, 2006. - 165 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Основные разделы проекта	К какой дисциплине относится раздел	Учебные недели													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Характеристики района строительства, выпускаемой продукции, сырьевых материалов	«Вяжущие вещества»	■													
Обоснование общей технологии производства вяжущего и видов основного оборудования	«Вяжущие вещества», «Механическое оборудование...», «Процессы и аппараты...»		■	■											
Определение режима работы предприятия, расчет производственной программы	«Вяжущие вещества»			■											
Выбор и расчет технологического и транспортно-оборудования	«Механическое оборудование...»				■	■	■	■							
Параметрический расчет аппарата	«Процессы и аппараты...»						■	■							
Анализ технологического процесса, разработка технологического регламента, уточненный расчет производственной программы	«Вяжущие вещества», «Процессы и аппараты...»								■	■					

Окончание прил. 1

Основные разделы проекта	К какой дисциплине относится раздел	Учебные недели																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
Расчет складов сырья и готовой продукции.	«Вяжущие вещества»																	
Компоновочные решения производственного цеха, генерального плана	«Вяжущие вещества»																	
Оценка эффективности решений, принятых в проекте	«Вяжущие вещества»																	
Подготовка к защите и защита проекта	«Вяжущие вещества», «Мех. оборудование...», «Процессы и аппараты...»																	

**ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
И ОПЕРАТОРНОЙ СХЕМ**

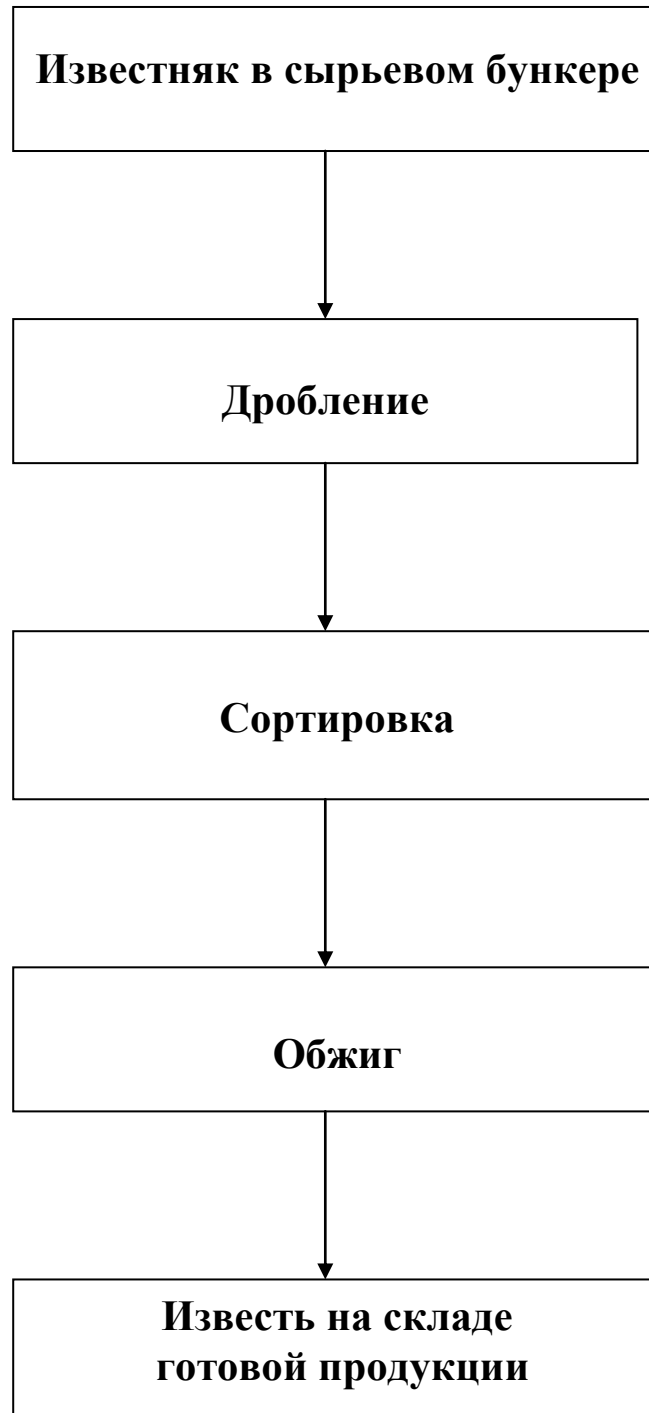


Рис. П.2.1. Функциональная схема получения
комовой негашеной извести
(пример)

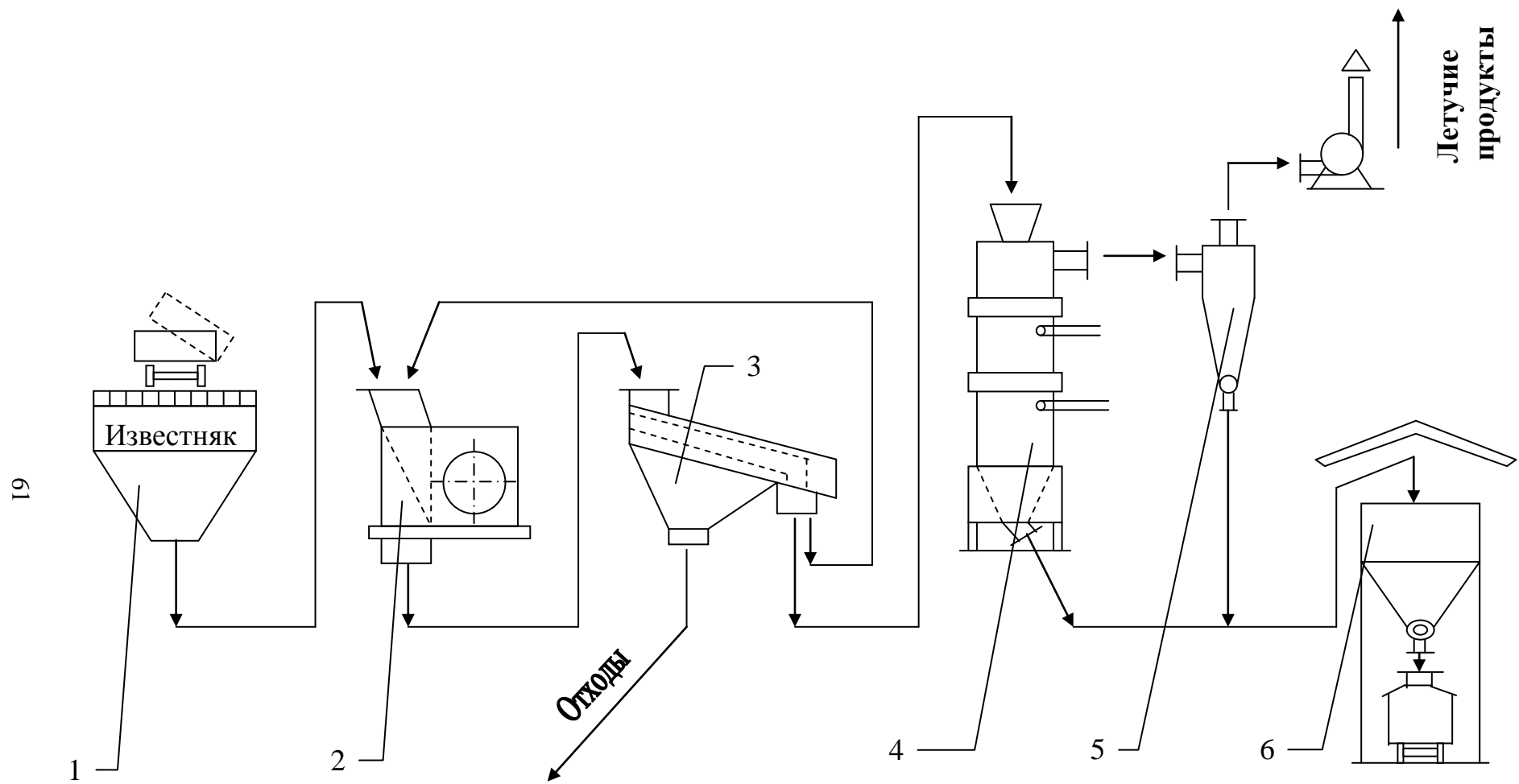


Рис.П.2.2. Технологическая схема получения комовой негашеной извести (пример)

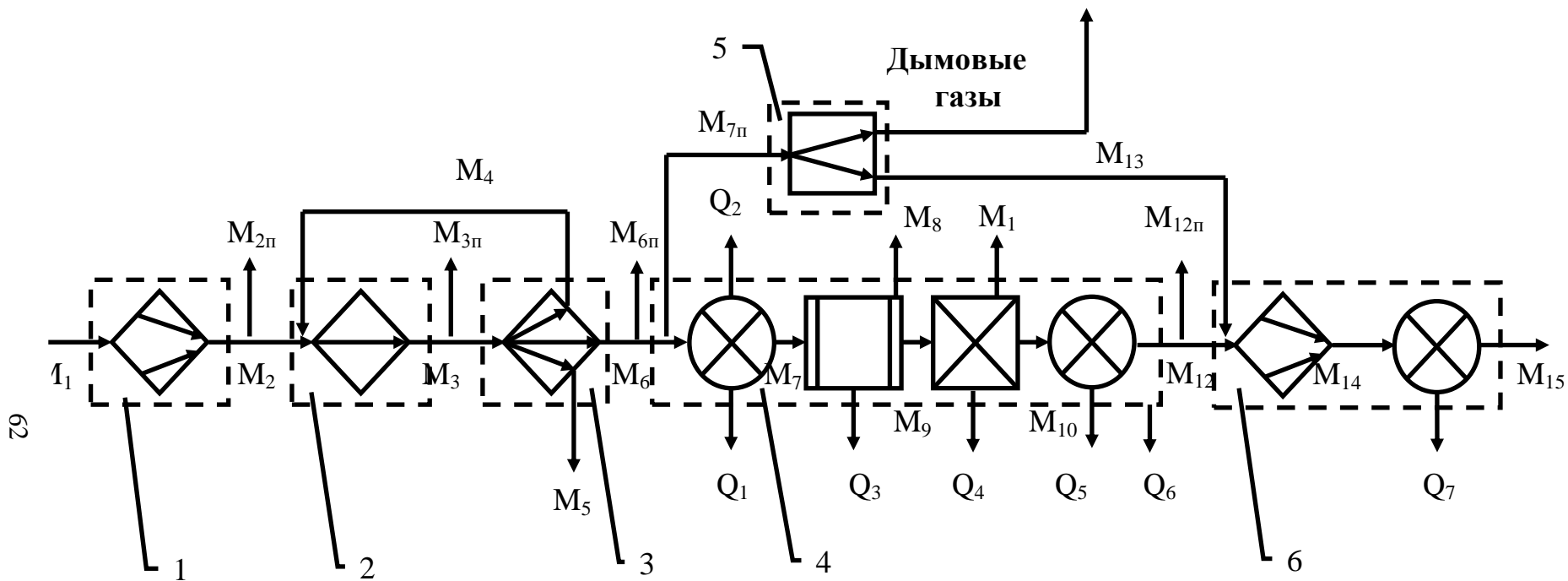
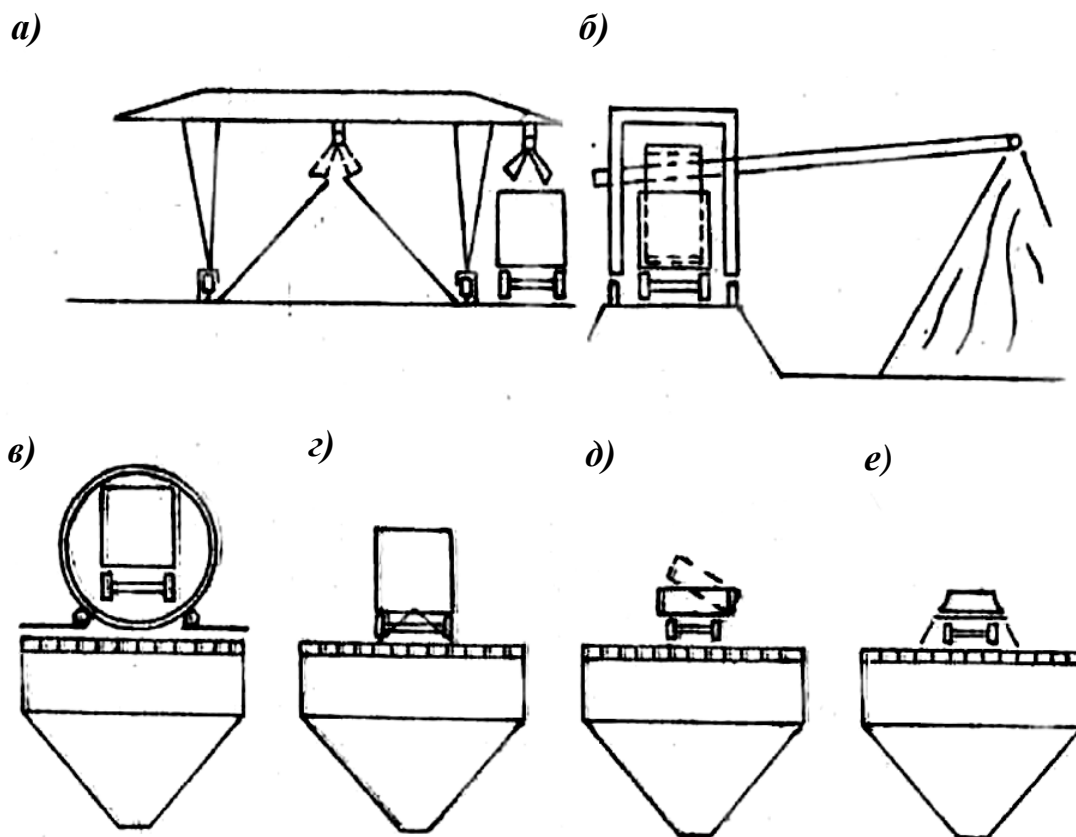


Рис. П.2.3. Операторная схема технологического процесса получения комовой негашеной извести (пример)
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 –обозначения оборудования согласно Рис. П.2.2

ПРИМЕРЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБОРУДОВАНИЯ И АППАРАТОВ
НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ



Бункеры с колосниковой решеткой

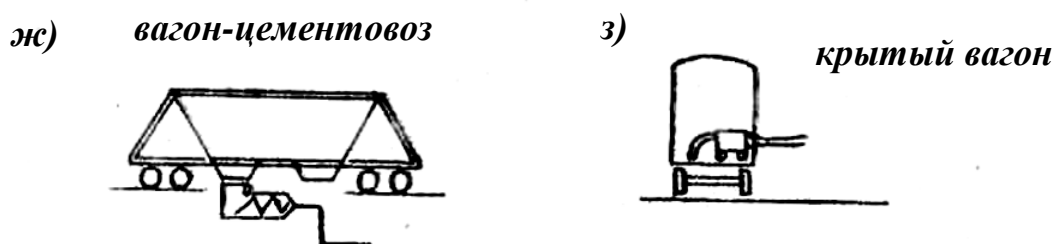


Рис. П.3.1. Изображение схем разгрузки сырьевых материалов с железнодорожных средств:
а) козловым краном; *б)* путевым разгрузателем вагонов;
в) опрокидывающим устройством; *з)* через открывающееся днище вагона;
д) с опрокидывающейся платформы; *е)* плужковым сбрасывателем;
жс) пневмовинтовым насосом (порошковые материалы);
з) вакуумным разгрузателем

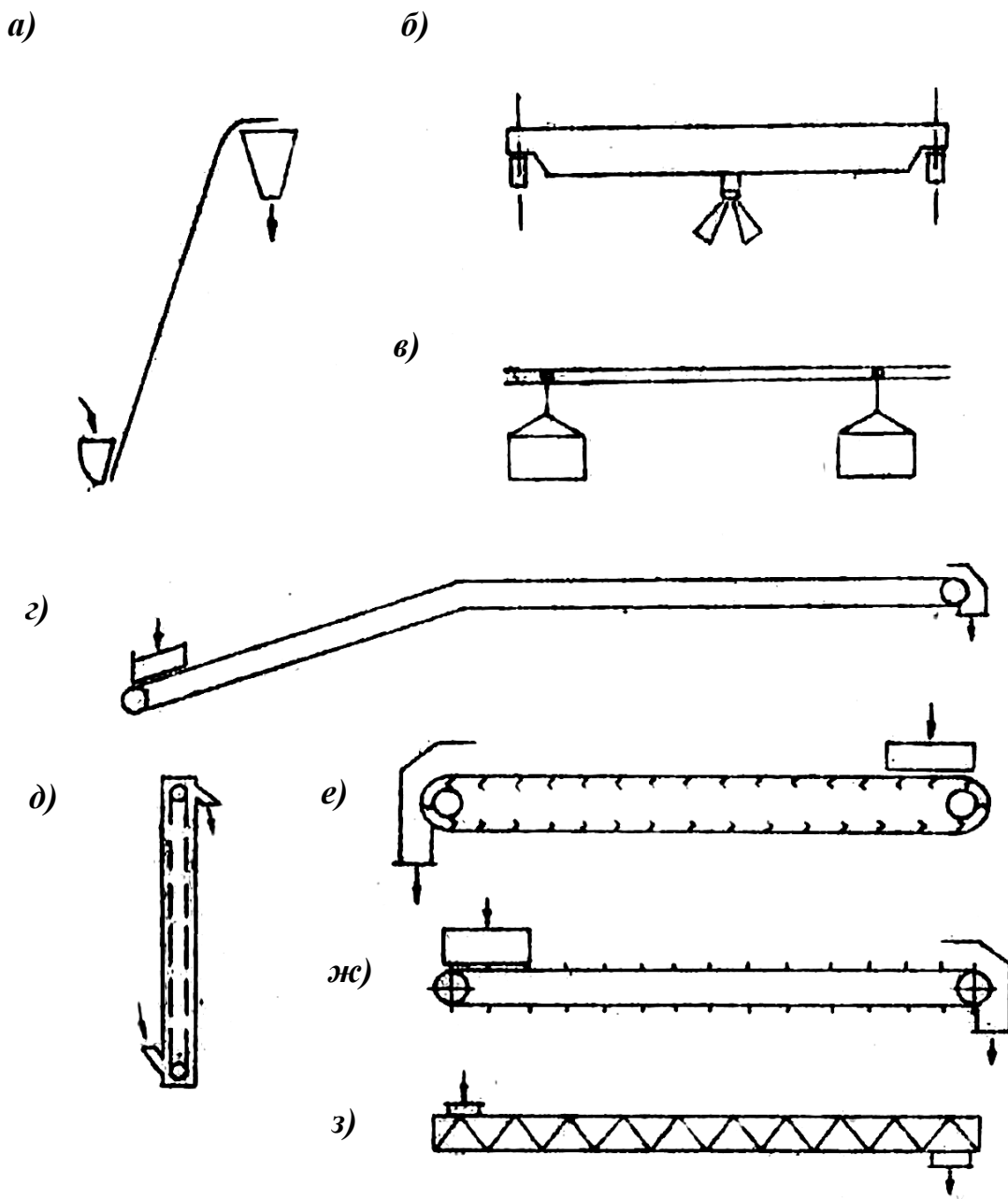


Рис. П.3.2. Схематическое изображение подъемно-транспортного оборудования:

а) скиповый подъемник; *б)* мостовой кран с грейферным ковшом; *в)* подвесной конвейер; *г)* ленточный конвейер; *д)* ковшевой элеватор; *е)* пластинчатый конвейер; *ж)* скребковый конвейер; *з)* винтовой конвейер (шнек)

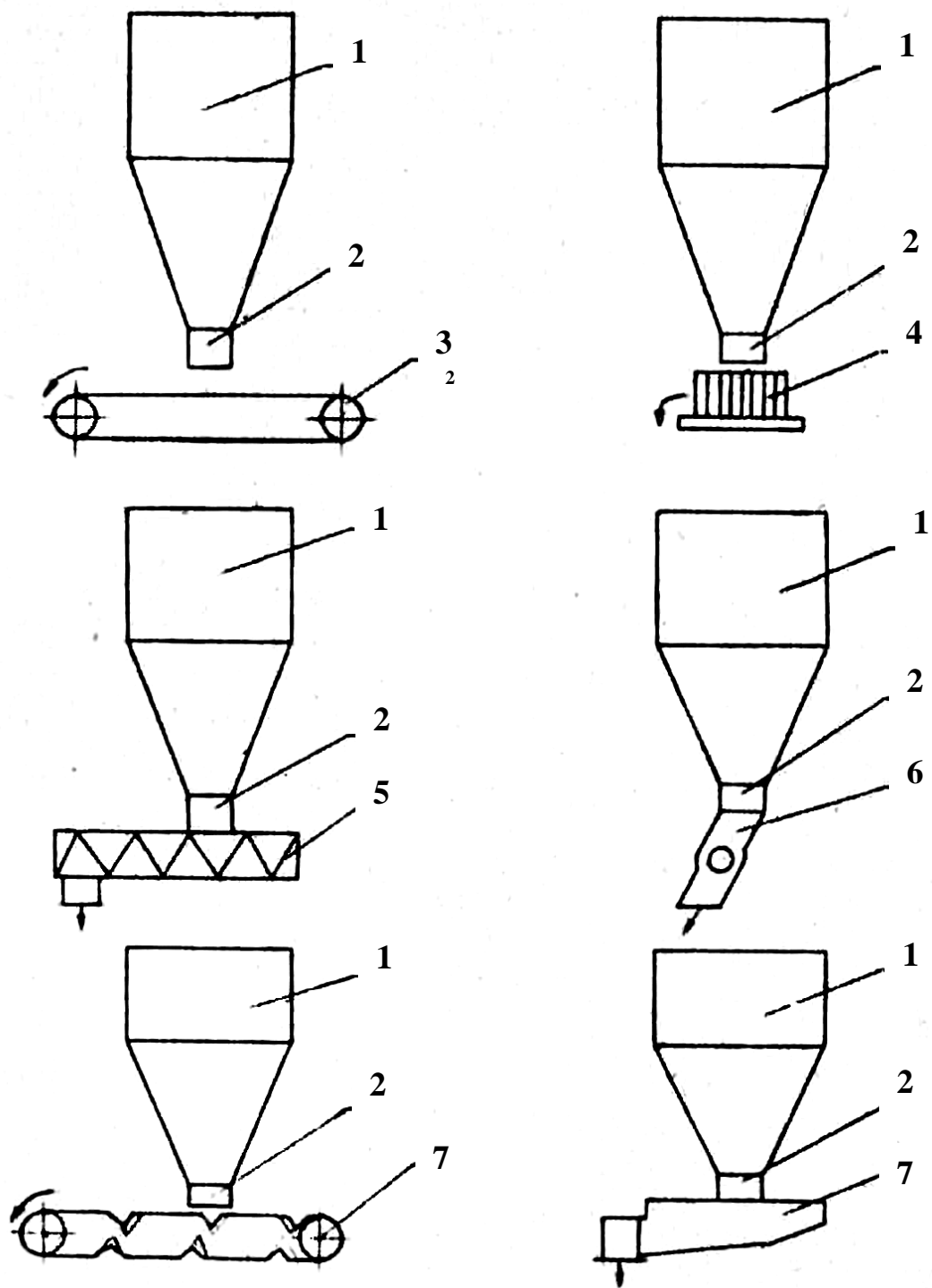


Рис. П.3.3. Расходные бункеры с питателями (схемы):

- 1 – бункер; 2 – воронка; 3 – ленточный питатель; 4 – тарельчатый питатель;
 5 – шнековый питатель; 6 – барабанный питатель; 7 – пластинчатый питатель;
 8 – лотковый питатель

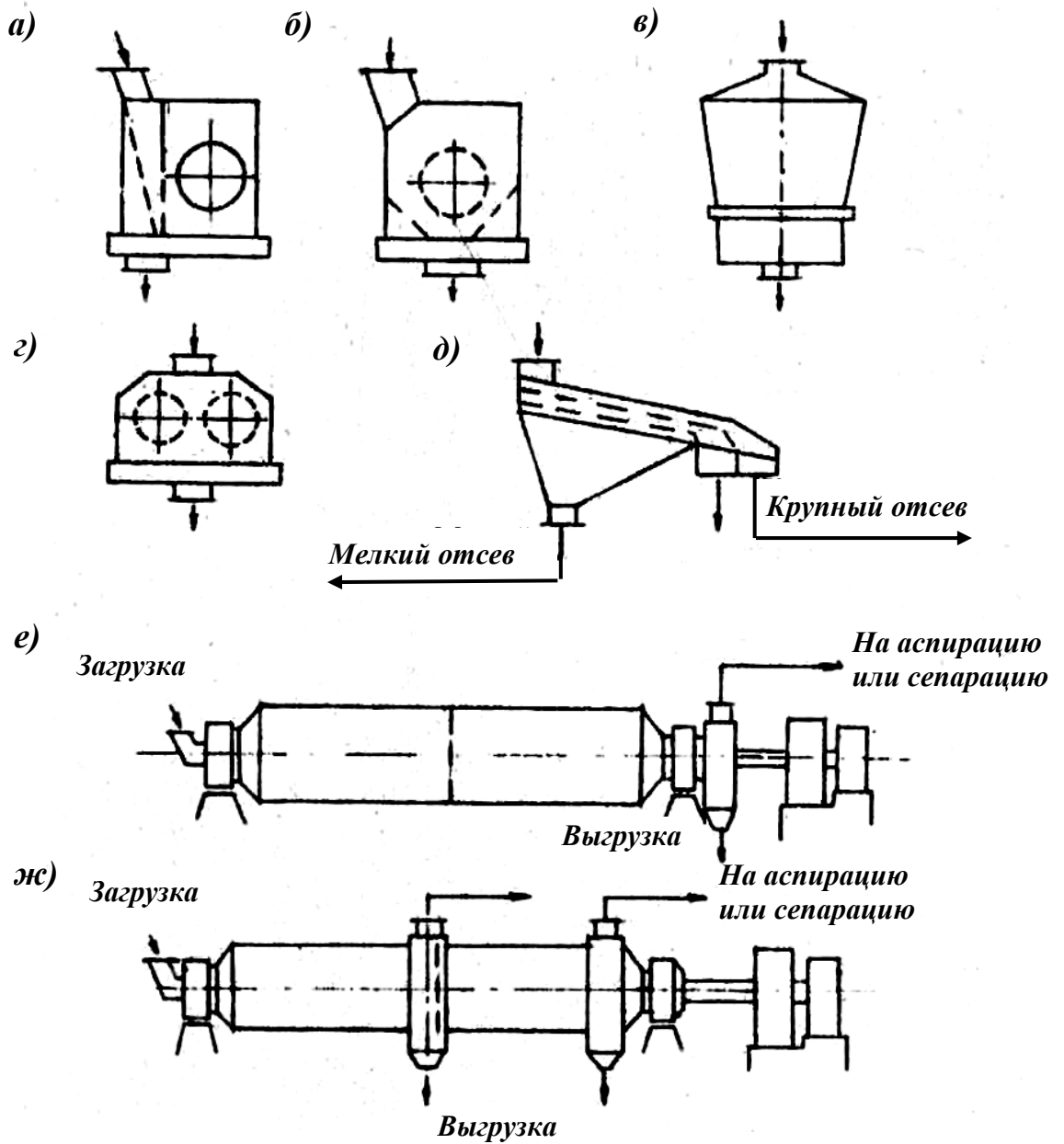


Рис. П.3.4. Дробильно-сортировочное и помольное оборудование:

а) дробилка щековая; б) молотковая дробилка; в) конусная дробилка; г) валковая дробилка; д) грохот сортировочный; е) мельница шаровая двухкамерная с центральной разгрузкой; ж) то же с периферийной разгрузкой

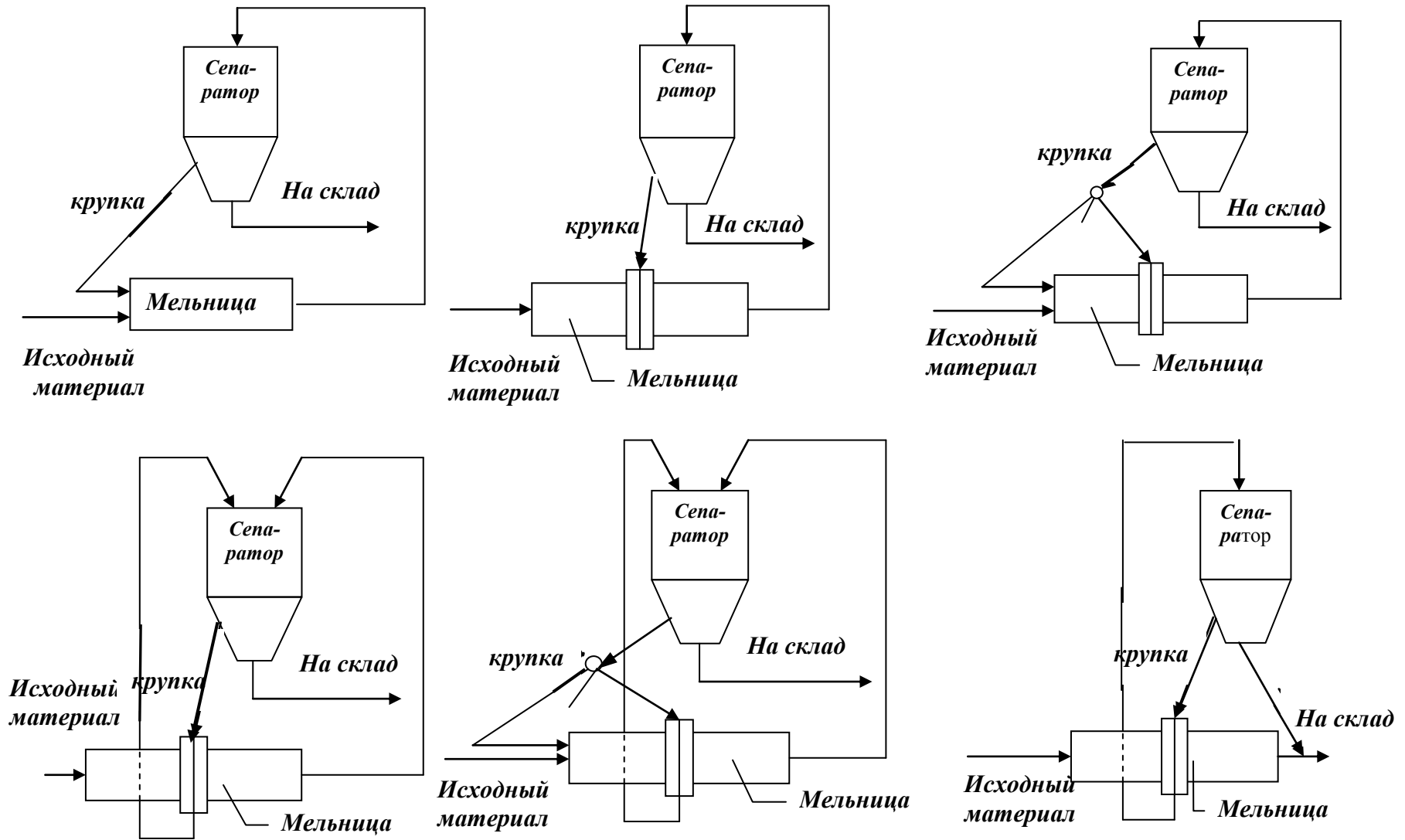


Рис. П.3.5. Варианты помола вяжущего в сепараторных мельницах в замкнутом цикле

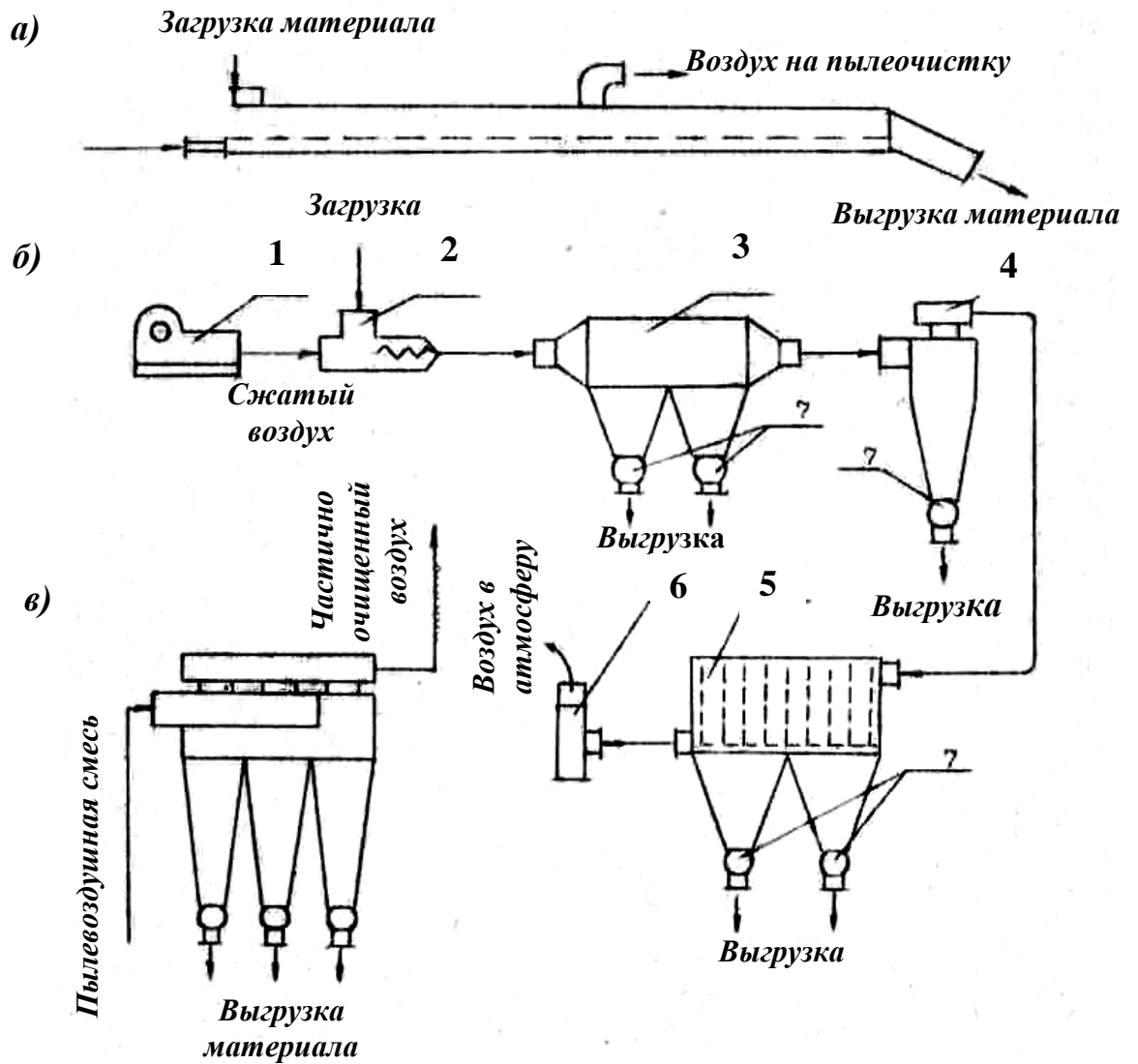


Рис. П.3.6. Схемы средств пневмотранспорта порошковых материалов, пылеосаждения и пылеочистки:

- а)** аэрожелоб; **б)** система пневмотранспорта: 1- компрессор; 2 – винтовой питатель; 3 – пылеосадительная камера; 4 – циклон (батарея циклонов); 5 – электрофильтр; 6 – отсасывающий вентилятор; 7 – барабанный выгрузатель;
в) батарея циклонов

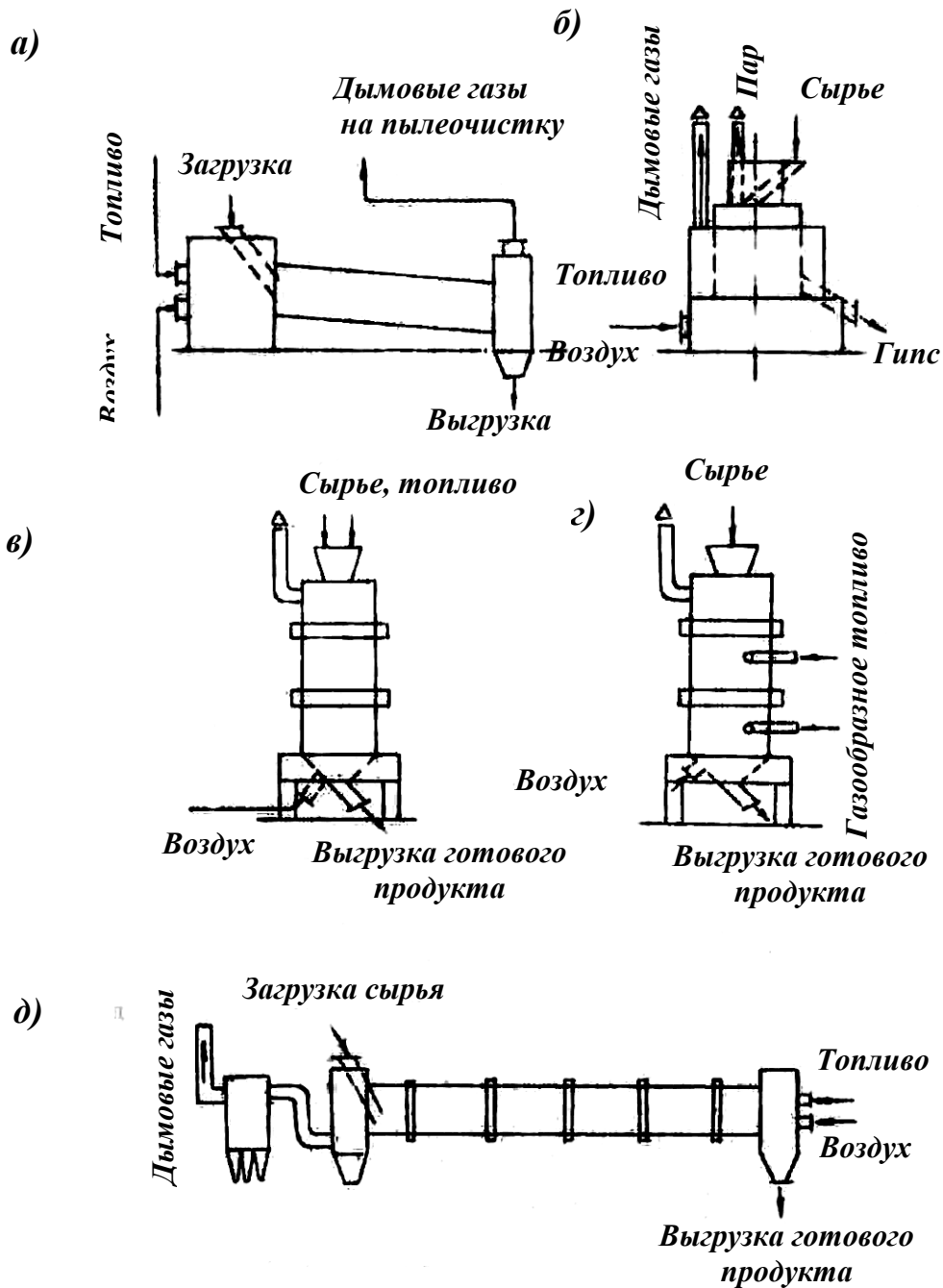


Рис. П.3.7. Схемы тепловых аппаратов:
 а) сушильный барабан; б) гипсоварочный котел; в) шахтная пересыпная печь;
 г) шахтная газовая печь; д) вращающаяся печь

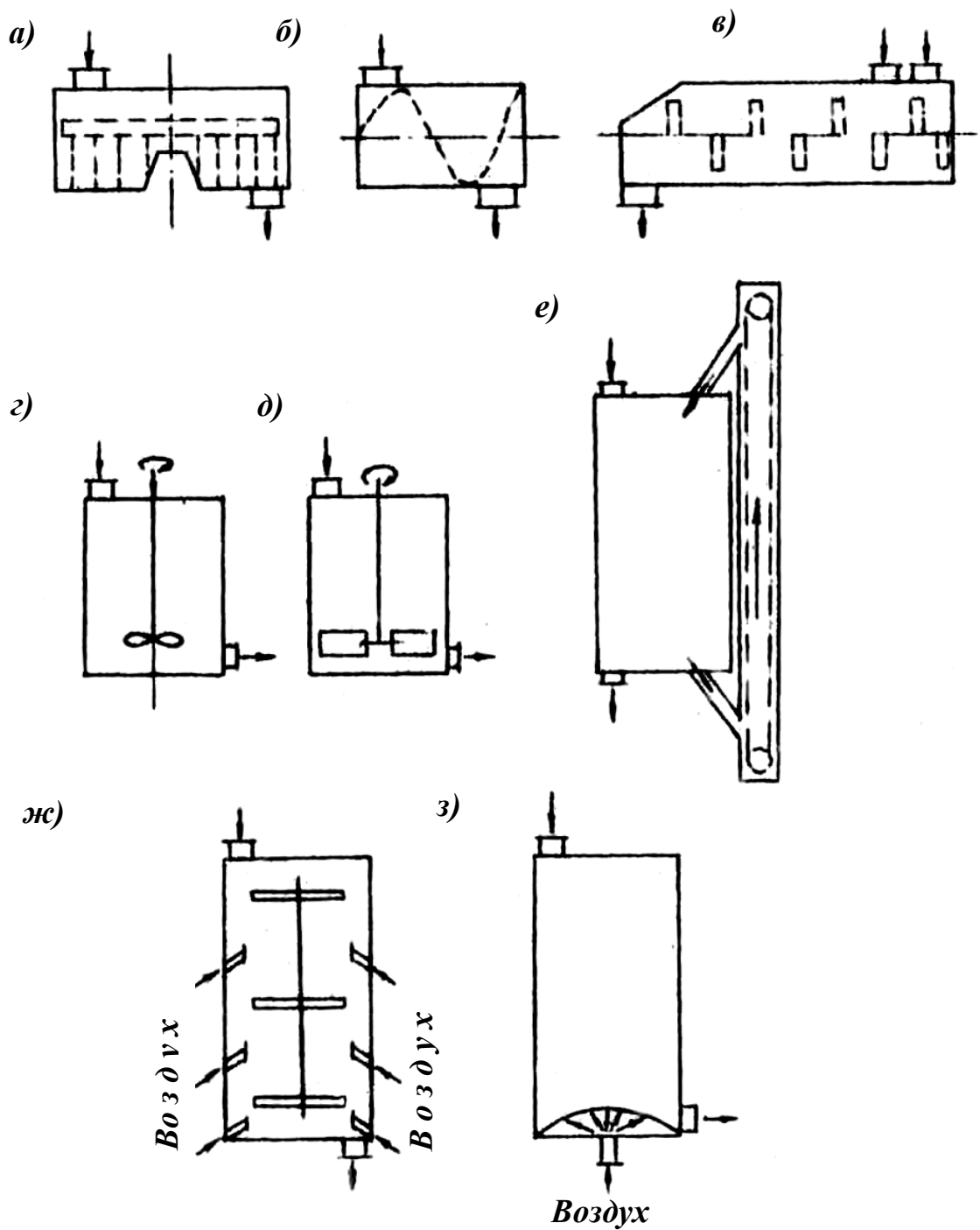


Рис. П.3.8. Схемы смесительных аппаратов:
a) для приготовления глиняных суспензий; *б)* лопастной смеситель;
в) двухвальный смеситель; *г)* пропеллерный смеситель; *д)* турбинный или роторный смеситель; *е)* усреднитель (гомогенизатор) механического действия; *ж)* усреднитель пневмомеханического действия; *з)* усреднитель пневматического действия

ОБОЗНАЧЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ

71

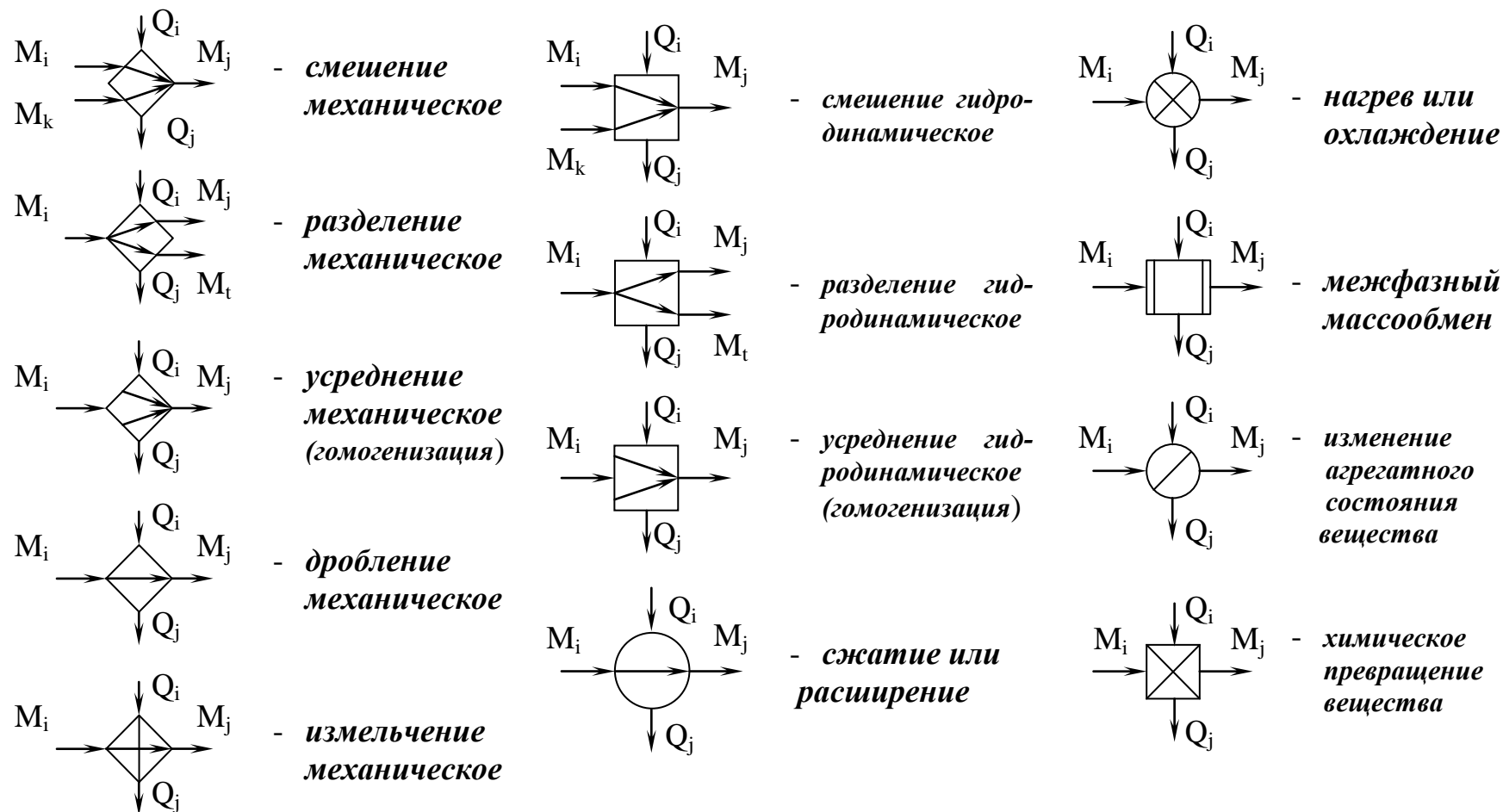
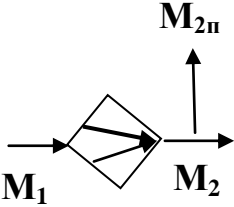
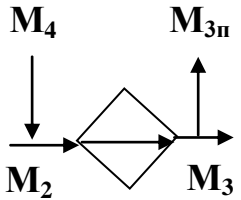
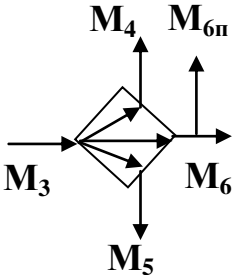


Рис. П.4.1. Условные обозначения элементарных процессов с материальными (M_i , M_k , M_j , M_t) и энергетическими (Q_i , Q_j) потоками

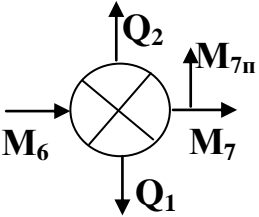
ПРИМЕР ТАБЛИЧНОГО ОФОРМЛЕНИЯ РЕГЛАМЕНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
(производство комовой негашеной извести)

Технологический передел, процесс и его содержание, аппарат	Количественные характеристики параметров процесса	Операторы	Материальные и энергетические потоки, балансы
1. Складирование известняка; процесс механический: загрузка и выдача материала с частичным усреднением зернового состава; технологическое оборудование – сырьевой бункер	Характеристики известняка [1]: наибольшая крупность кусков – 300 мм; наименьшая крупность кусков – 100 мм; плотность в куске – 2600 кг/м ³ ; плотность насыпная – 1450 кг/м ³ ; влажность – 5 %; прочность на сжатие – 25 МПа; содержание CaCO ₃ = 95 %		M ₁ - количество известняка, поступающего в сырьевой бункер; M ₂ - количество известняка, выходящего из бункера; M _{2п} - механические потери в питателе и в транспортирующем устройстве Материальный баланс: M ₁ = M ₂ + M _{2п} или M ₂ = M ₁ – M _{2п} . Примем M _{2п} + 0,001M ₁ , тогда M ₂ = 0,999M ₁

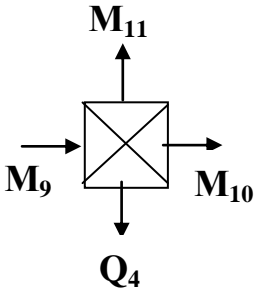
Технологический передел, процесс и его содержание, аппарат	Количественные характеристики параметров процесса	Операторы	Материальные и энергетические потоки, балансы
2. Дробление известняка; процесс механический: измельчение раздавливанием и истиранием; аппарат – щековая дробилка	Наибольшая крупность загружаемых кусков – 300 мм; крупность дробления: фракция известняка по требованиям к загрузке известеобжиговой печи [1] - 50-100 мм. Возможно применение дробилок со следующими параметрами: размеры приемного отверстия (мм) – 400 x 600 (1-й вариант); 600 x 900 (2-й вариант); 900 x 1200 (3-й вариант); ширина выходной щели равна соответственно (мм) - 60±40; 100±25; 130±25; выход фракций (прил. 8): > 100 мм – 5 %, 30 %, 45 %; 50 – 100 мм – 42 %, 42 %, 35 %; < 50 мм – 47 %, 28 %, 20 %. Принимаем вариант 2		<p>M_3 – количество выходящего из дробилки известняка; M_4 – возврат известняка после сортировки; $M_{3п}$ – механические потери известняка при транспортировании и в аспирационных устройствах.</p> <p>Материальный баланс: $M_2 + M_4 = M_3 + M_{3п}$ или $M_3 = M_2 + M_4 - M_{3п}$.</p> <p>По 2-му варианту выбора дробилки $M_4 = 0,3M_3$; примем $M_{3п} = 0,001M_2$, тогда $M_3 = M_2 + 0,3M_3 - 0,001M_2$, $0,7M_3 = 0,999M_2$, $M_3 = 1,427M_2$, $M_3 = 1,427 \cdot 0,999M_1 = 1,426M_1$</p>

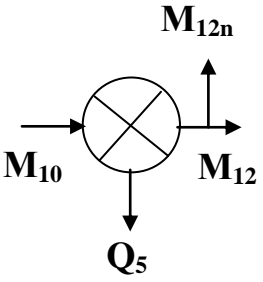
Технологический передел, процесс и его содержание, аппарат	Количественные характеристики параметров процесса	Операторы	Материальные и энергетические потоки, балансы
3. Сортировка известняка по крупности; процесс механический: разделение смеси зерен на фракции рассеиванием сквозь сита; аппарат – вибрационный грохот	Зерновой состав известняка, поступающего на грохот: > 100 мм – 30 %; 90 – 100 мм – 8 %; 80 – 90 мм – 8 %; 70 – 80 мм – 7 %; 60 – 70 мм – 10 %; 50 – 60 мм – 9 %; < 50 мм – 28 %		<p> M_4 – количество верхнего отсева, $M_4 = 0,3M_3$; M_5 – нижний отсев (отходы), $M_5 = 0,28M_3$; M_6 – выход деловой фракции, $M_6 = 0,42M_3$; $M_{6п}$ – механические потери при грохочении и транспортировании. </p> <p> <i>Примечание:</i> значения M_4, M_5, M_6 приняты по графику зернового состава щебня, выходящего из дробилки. </p> <p> Материальный баланс: $M_3 = M_6 + M_{6п} + M_4 + M_5$; $M_6 = M_3 - M_{6п} - M_4 - M_5$. </p> <p> С учетом значений M_4 и M_5, а также приняв $M_{6п} = 0,002M_3$, получим $M_6 = M_3 - 0,002M_3 - 0,3M_3 - 0,28M_3$ или $M_6 = 0,418M_3$, $M_6 = 0,418 \cdot 1,426M_1 = 0,596M_1$ </p>

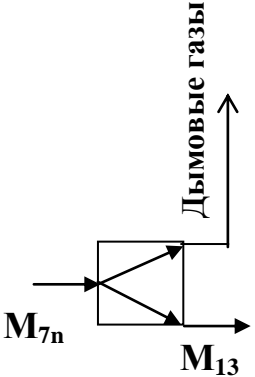
Технологический передел, процесс и его содержание, аппарат	Количественные характеристики параметров процесса	Операторы	Материальные и энергетические потоки, балансы
4. Обжиг известняка; аппарат – шахтная печь на газовом топливе; совокупность процессов	Крупность известняка, загружаемого в печь [1]: 50 – 100 мм; фракционный состав, %: 50 – 60 мм – 21; 60 – 70 мм – 24; 70 – 80 мм – 17; 80 - 90 мм – 19; 90 – 100 мм – 19.		

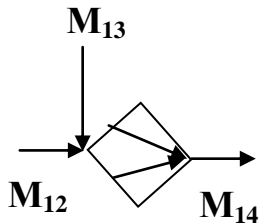
Технологический передел, процесс и его содержание, аппарат	Количественные характеристики параметров процесса	Операторы	Материальные и энергетические потоки, балансы
4.1. Тепловой процесс: нагрев известняка до температуры обжига	Температура известняка на входе $+10^{\circ}\text{C}$; начало разложения известняка при $t = 850^{\circ}\text{C}$; температура известняка (известности) в зоне обжига [1] $t = 950^{\circ}\text{C}$; температура отходящих дымовых газов [4] $t = 200^{\circ}\text{C}$		<p>M_{7n} – потери в виде выноса пыли из печи [4]; $M_6 = M_7 + M_{7n}$ или $M_7 = M_6 - M_{7n}$. Примем, что $M_{7n} = 0,03M_7$, тогда $M_7 = M_6 - 0,03M_7$, с учетом (3) $1,03M_7 = 0,596M_1$ или $M_7 = 0,579M_1$.</p> <p>Q_1 – количество теплоты на нагрев известняка: $Q_1 = c_1 \cdot m_1 \cdot \Delta t_1$, где m_1 – масса загружаемого в единицу времени известняка; c_1 – удельная теплоемкость известняка; Δt_1 – интервал температуры нагрева известняка;</p> <p>Q_2 – потери теплоты с отходящими дымовыми газами: $Q_2 = c_2 \cdot m_2 \cdot \Delta t_2$, где m_2 – масса (или объем) отходящих дымовых газов; c_2 – средняя удельная теплоемкость смеси газов по массе (или по объему); Δt_2 – разность температур газов на выходе из печи и на входе в печь (газообразного топлива и воздуха)</p>

Технологический передел, процесс и его содержание, аппарат	Количественные характеристики параметров процесса	Операторы	Материальные и энергетические потоки, балансы
4.2. Массообменный процесс: обезвоживание известняка (испарение воды)	Исходная влажность известняка – 5 %, конечная влажность – 0 %		<p>Q_3 – количество теплоты на испарение воды: $Q_3 = c_3 \cdot m_3 \cdot \Delta t_3 + r \cdot m_3$, где m_3 – масса испарившейся воды; c_3 – удельная теплоемкость воды; r – теплота парообразования; $\Delta t_3 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ – температурный интервал нагрева воды до начала испарения (от 10 до 100 $^\circ\text{C}$). M_7 – количество известняка, поступающего в зону испарения; M_9 – количество обезвоженного известняка; M_8 – количество испаренной воды ($M_8 = m_3$). $M_7 = M_9 + M_8$ или $M_9 = M_7 - M_8$. Так как $M_8 = 0,05M_9$, то $M_9 = M_7 - 0,05M_9$; $1,05M_9 = M_7$; $1,05M_9 = 0,579M_1$ или $M_9 = 0,551M_1$</p>

Технологический передел, процесс и его содержание, аппарат	Количественные характеристики параметров процесса	Операторы	Материальные и энергетические потоки, балансы
4.3. Химический процесс: декарбонизация известняка, переход известняка в известь	<p>Содержание CaO + MgO в готовом продукте 90 % (известь первого сорта). Этому показателю соответствует степень превращения</p> $\frac{0,56 \cdot n \cdot M_9}{0,56 \cdot n \cdot M_9 + (1-n) \cdot M_9} = 0,9,$ <p>$n = 0,94$</p>		<p>Уравнение реакции:</p> $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{950^\circ\text{C}} \text{CaO} + \text{CO}_2 - Q_4.$ <p>Массовые доли:</p> <p>CaCO₃ – 40 + 12 + 48 = 100 (100 %); CaO – 40 + 16 = 56 (56 %); CO₂ – 12 + 32 = 44 (44 %);</p> <p>Q₄ – затраты теплоты на химическую реакцию, Q₄ = 1782 кДж/кг [1]; M₁₀ – количество получаемой извести; M₁₁ – количество летучего CO₂ (потери массы).</p> <p>При полном превращении известняка в известь: M₁₀ = 0,56M₉; при степени превращения n: M₁₀ = 0,56nM₉ + (1-n)M₉; при n = 0,94: M₁₀ = 0,56 · 0,94M₉ + (1-0,94)M₉ = 0,59M₉; с учетом (5): M₁₀ = 0,59 · 0,551M₁ = 0,325M₁</p>

Технологический передел, процесс и его содержание, аппарат	Количественные характеристики параметров процесса	Операторы	Материальные и энергетические потоки, балансы
4.4. Тепловой процесс: охлаждение выходящей извести воздухом	Температура извести на выходе из печи [4] 100 °С; температура воздуха, подаваемого в печь 10 °С		<p>M_{12} – количество выходящей из шахтной печи извести;</p> <p>M_{12n}-механические потери извести при транспортировании на склад.</p> <p>$M_{10} = M_{12} + M_{12n}$ или $M_{12} = M_{10} - M_{12n}$.</p> <p>Примем $M_{12n} = 0,001M_{12}$, тогда $M_{12} = M_{10} - 0,001M_{12}$;</p> <p>с учетом (6) $1,001M_{12} = 0,325M_1$ или $M_{12} = 0,324M_1$</p> <p>Q_5 – теплота, уносимая известью:</p> $Q_5 = c_5 \cdot m_5 \cdot \Delta t_5,$ <p>где m_5 – масса выгружаемой из печи извести, $m_5 = M_{12} + M_{12n}$; c_5 – удельная теплоемкость извести; Δt_5 – температурный перепад между выгружаемой из печи известью и загружаемым известняком.</p> <p>Общий тепловой баланс печи:</p> $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6,$ <p>где Q_6 – потери теплоты в окружающую среду через ограждения печного пространства</p>

Технологический передел, процесс и его содержание, аппарат	Количественные характеристики параметров процесса	Операторы	Материальные и энергетические потоки, балансы
5. Очистка отходящих из печи газов от пыли; процесс гидродинамический; технологическое оборудование: электрофильтры, циклоны, рукавные фильтры, дымососы (отсасывающие вентиляторы)	Концентрация пыли в выбрасываемом в атмосферу газе не должна превышать 30 мг/м^3 , степень очистки отходящих газов – не менее 99 %		M_{13} – количество пыли, осаждаемой в пылеосадительной системе. $M_{7n} = 0,03M_7$, с учетом (4) $M_{7n} = 0,03 \cdot 0,579M_1 = 0,0174M_1$. Материальный баланс: $M_{7n} = M_{13}/0,99$ или $M_{13} = M_{7n} \cdot 0,99 = 0,0174M_1 \cdot 0,99 = 0,0172M_1$ $M_{13} = 0,0172M_1$
6. Складирование извести; технологическое оборудование – бункер извести	Браковочные характеристики извести: содержание активных $\text{CaO} + \text{MgO} \geq 90 \%$, скорость гашения 8 - 25 мин, содержание трудно гасимой извести $\leq 7 \%$, максимальный размер кусков извести 150 мм, плотность в куске 1500 кг/м^3 , насыпная плотность 900 кг/м^3		

Технологический передел, процесс и его содержание, аппарат	Количественные характеристики параметров процесса	Операторы	Материальные и энергетические потоки, балансы
6.1. Механический процесс: загрузка извести в складские емкости, выгрузка в транспортные средства с частичным усреднением зернового и химического составов			M_{14} – количество извести на складе. Материальный баланс: $M_{12} + M_{13} = M_{14}$, с учетом $0,324M_1 + 0,0172M_1 = M_{14}$ или $M_{14} = 0,3412M_1$
6.2. Тепловой процесс – самопроизвольное остывание извести на складе	Температура извести, отгружаемой в транспортные средства, $t_n \leq 50 \text{ }^\circ\text{C}$		M_{15} – количество извести, отгружаемой потребителям со склада; Q_7 - потери теплоты известью при остывании. $Q_7 = Q_5$. Материальный баланс: $M_{14} = M_{15}$. Окончательно $M_{15} = 0,3412M_1$

**РАСЧЕТ ГРУЗОПОТОКОВ
(пример)**

Количество известняка, поступающего на склад:

$$M_1 = \frac{M_{14}}{0,3412} = \frac{8,5}{0,3412} = 74,92 \text{ т/ч.}$$

Количество известняка, поступающего в дробилку:

$$M_2 + M_4 = 0,991M_1 + 0,3M_3 = 0,991M_1 + 0,3 \cdot 1,426M_1 = \\ = 1,419M_1 = 1,419 \cdot 24,92 = 35,36 \text{ т/ч.}$$

Количество известняка, поступающего на грохот:

$$M_3 = 1,426M_1 = 1,426 \cdot 24,92 = 35,54 \text{ т/ч.}$$

Количество известняка, поступающего в печь:

$$M_6 = 0,596M_1 = 0,596 \cdot 24,92 = 14,85 \text{ т/ч.}$$

Количество извести, поступающей на склад готовой продукции – 8,5 т/ч.

Проверочный расчет:

$$M_1 = M_{14} + M_{2n} + M_{3n} + M_5 + M_{6n} + M_{7n} + M_8 + M_{11} + M_{12n} - M_{13};$$

$$M_{3n} = 0,001M_2 = 0,001 M_1;$$

$$M_5 = 0,28M_3 = 0,399 M_1;$$

$$M_{6n} = 0,002M_3 = 0,003 M_1;$$

$$M_{7n} = 0,03M_7 = 0,017 M_1;$$

$$M_8 = 0,05M_9 = 0,028 M_1;$$

$$M_{11} = M_9 - M_{10} = 0,551 M_1 - 0,325 M_1 = 0,226 M_1 ;$$

$$M_{12n} = 0,001M_{12} = 0,0003 M_1;$$

$$M_1 = (0,3412 + 0,001 + 0,001 + 0,399 + 0,003 + 0,017 + 0,028 + 0,226 + 0,0003 - \\ - 0,0172) M_1;$$

$$M_1 = 0,9993 M_1.$$

Расчет выполнен правильно, так как расхождение не превысило 0,5 %.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРОБИЛОК

Таблица П.7.1

Технические характеристики щековых дробилок

Тип дробилки	Размеры приёмного отверстия, мм	Наибольший размер загружаемого материала, мм	Диапазон регулирования выходной щели, мм		Частота вращения эксцентрикового вала, мин ⁻¹	Ход подвижной щеки у разгрузочного отверстия, мм	Производительность, м ³ /ч		Мощность электродвигателя, кВт	Масса без электродвигателя, т	Габаритные размеры, мм
			min	max			min	max			
Дробилки с простым движением щеки											
СМД-117А	1500x2100	1300	135	225	124,8	44	310	600	250	257,9	7500x510x5120
СМД-118А	1200x1500	1000	110	190	150	40	175	300	160	195,7	5355x6430x4300
СМД-111А	900x1200	750	95	195	200,4	36	100	180	90	61,5	4980x4450x3300
С-664	400x600	350	40	100	300	38	10	25	28	7,6	1850x1742x1742
СМ-204А	600x900	510	75	200	240-270	30	28	120	80	2,6	3570x240x3000
СМ-221	500x800	430	50	125	225	30	25	60	40	19,2	3420x2330x2150
Дробилки со сложным движением щеки											
СМД-110А	600x900	500	75	130	274,8	12	50	50	100	75	3000x2500x2600
СМД-109А	400x900	340	40	90	289,8	9,5	10	10	40	45	2600x2400x2200
СМД-108А	250x900	210	30	60	289,8	10	7	7	30	45	2300x2400x1900
СМД-116А	250x400	210	20	80	274,8	11	3,5	3,5	12	17	1330x1300x1435
	160x900	130	12	40	210	-	2,5	2,5	8,0	12	1200x1800x1200

Технические характеристики конусных дробилок среднего и мелкого дробления

Тип дробилки	Диаметр основания дробящего конуса, мм	Наибольший размер загружаемых кусков материала, мм	Ширина приёмного отверстия, мм	Диапазон регулирования выходной щели, мм		Частота вращения вала, об/мин	Мощность электродвигателя, кВт	Производительность, м ³ /ч		Масса, т	Габаритные размеры, мм
				min	max			min	max		
КСД-600А	600	30	40	6	16	350	75	3	13	8,0	2300x1350x2500
КСД-600Б	600	60	75	12	25	370	75	12	25	4,3	1600x1500x1500
КСД-900Б	900	100	115	15	50	350	55	30	55	11,6	2800x2500x2400
КСД-900А	900	60	75	5	20	350	55	8	40	11,6	
КСД-1200Б	1200	150	170	20	50	260	75	70	105	24,0	
КСД-1200А	1200	100	115	8	25	260	75	30	35	24,0	
КСД-1750Б	1750	225	250	25	60	245	160	160	300	47,0	

Продолжение прил. 7

Окончание табл. П.7.2

85

Тип дробилки	Диаметр основания дробящего конуса, мм	Наибольший размер загружаемых кусков материала, мм	Ширина приёмного отверстия, мм	Диапазон регулирования выходной щели, мм		Частота вращения вала, об/мин	Мощность электродвигателя, кВт	Производительность, м ³ /ч		Масса, т	Габаритные размеры, мм
				min	max			min	max		
КСД-1750А	1750	190	215	10	30	245	160	60	100	47,0	
КСД-2200Б	2200	300	350	30	60	224	280	340	580	85,0	
КСД-2500Б	2500	380	450	45	70	200	2x280	620	810	--	
КСД-2200А	2200	250	275	10	30	225	280	120	340	85,0	
КСД-3000А	3000	400	475	15	40	--	--	275	700	--	
КМД-1200	1200	35	45	3	13	260	75	12	55	24	3300x2600x3500
КМД-1750	1750	85	100	5	15	245	160	40	120	47	3850x3050x4400

Технические характеристики молотковых дробилок

<i>Характеристики</i>	<i>Однороторные</i>					<i>Двухроторные</i>
	<i>СМД-97 А</i>	<i>СМ-170 В</i>	<i>СМД-147</i>	<i>СМД-112</i>	<i>СМ-19А</i>	<i>СМД-114</i>
Размеры ротора, мм: диаметр длина	2000 2000	1300 1600	800 600	600 400	800 600	1000 800
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	600	735	1000	1250	1300	1000
Размер загружаемых кусков, мм	до 600	до 300	250	150	до 100	300
Крупность дроблёного продукта, мм	до 15	0...20	0...13	0...30	0...15	0...25
Производительность, т/ч (по известняку)	до 670	210	10...14	22	до 27	35...45
Мощность электродвигателя, кВт	800	260	55	18,5	2x75	115
Масса дробилки (без электродвигателя), кг	46000	11000	2110	1100	6000	5500

Технические характеристики молотковых дробилок для измельчения влажных материалов

<i>Характеристики</i>	<i>Самоочищающиеся</i>		<i>С подсушкой</i>
	<i>ДМПП-1</i>	<i>СМД-102</i>	<i>СМЦ-209</i>
Размеры ротора, мм: диаметр длина	1200 1000	2000 2000	1600 1650
Размер загружаемых кусков материала, мм	400	600	300
Размер куска материала после измельчения, мм	0...50	0...100	0...40
Частота вращения ротора, мин ⁻¹	735	600	500
Производительность, т/ч	250	600	100
Мощность электродвигателя, кВт	160	800	150
Масса дробилки, т	25	62	55

Технические характеристики зубчатых валковых дробилок

<i>Характеристики</i>	<i>Численные показатели по маркам машин</i>					
	<i>ДДЗ-4</i>	<i>ДДЗ-6</i>	<i>ДДЗ-10</i>	<i>ДДЗ-16</i>	<i>ДДЗ-9x9</i>	<i>ДДЗ-15x12</i>
Размеры валков (LxD), мм	450x500	630x800	1000x1250	1600x2000	900x900	1500x1200
Частота вращения валков, мин ⁻¹	64	50	36	41	42	40
Максимальная крупность кусков питания, мм	300	600	1000	1300	360	900
Максимальная крупность дроблёного продукта, мм	100	125	200	300	100	150
Ориентированная производительность, т/ч	50	125	320	1000	120	150
Мощность электродвигателя, кВт	11	20	50	320	40	75
Масса дробилки без электрооборудования, т	3,1	5,2	--	124	13,3	32

**ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПРОДУКТОВ ДРОБЛЕНИЯ
В ЩЕКОВЫХ И КОНУСНЫХ ДРОБИЛКАХ**

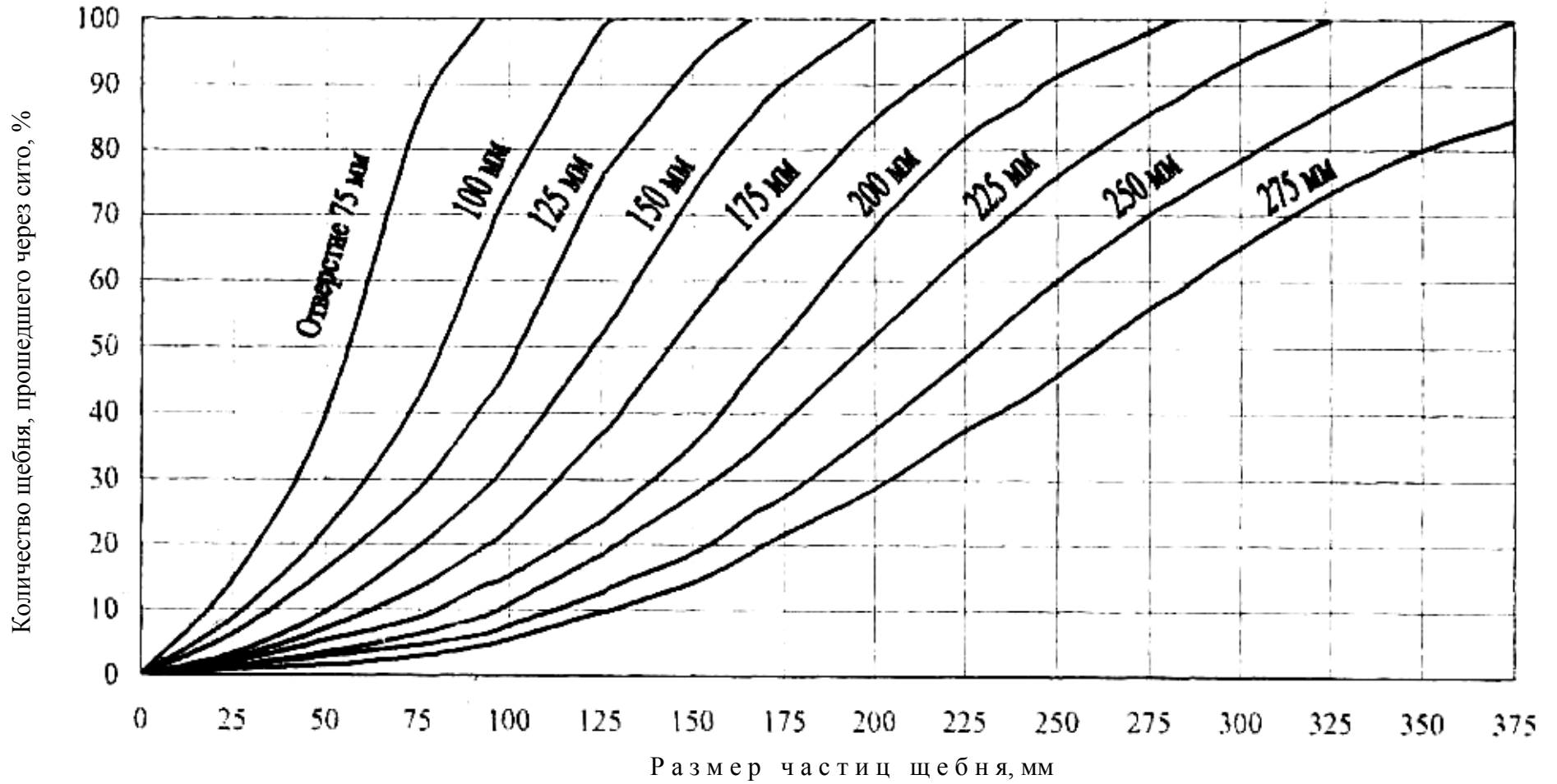


Рис. П.8.1. График гранулометрического состава продуктов дробления в щековых и конусных дробилках крупного дробления

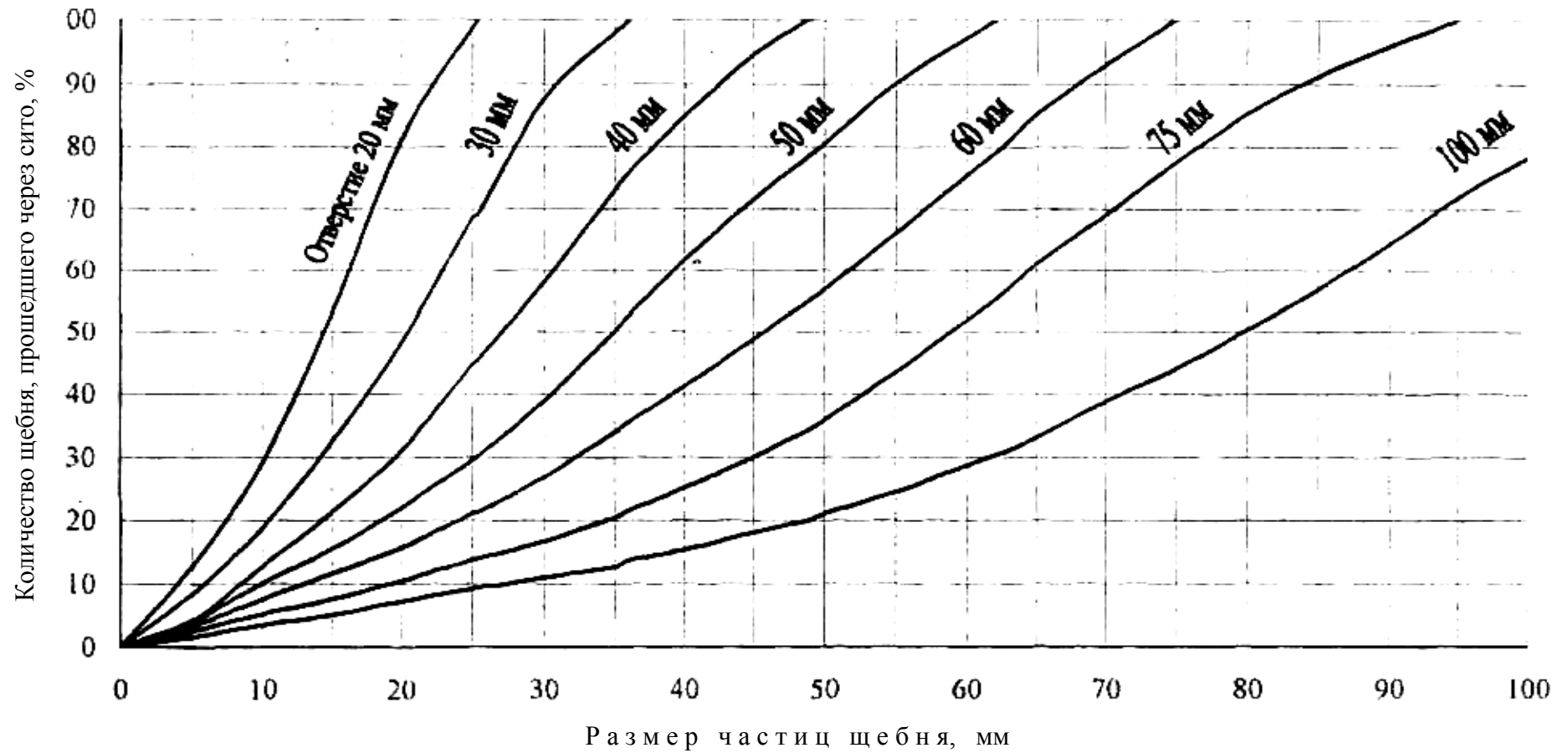


Рис. П. 8.2. График гранулометрического состава продуктов дробления в щековых дробилках малых размеров

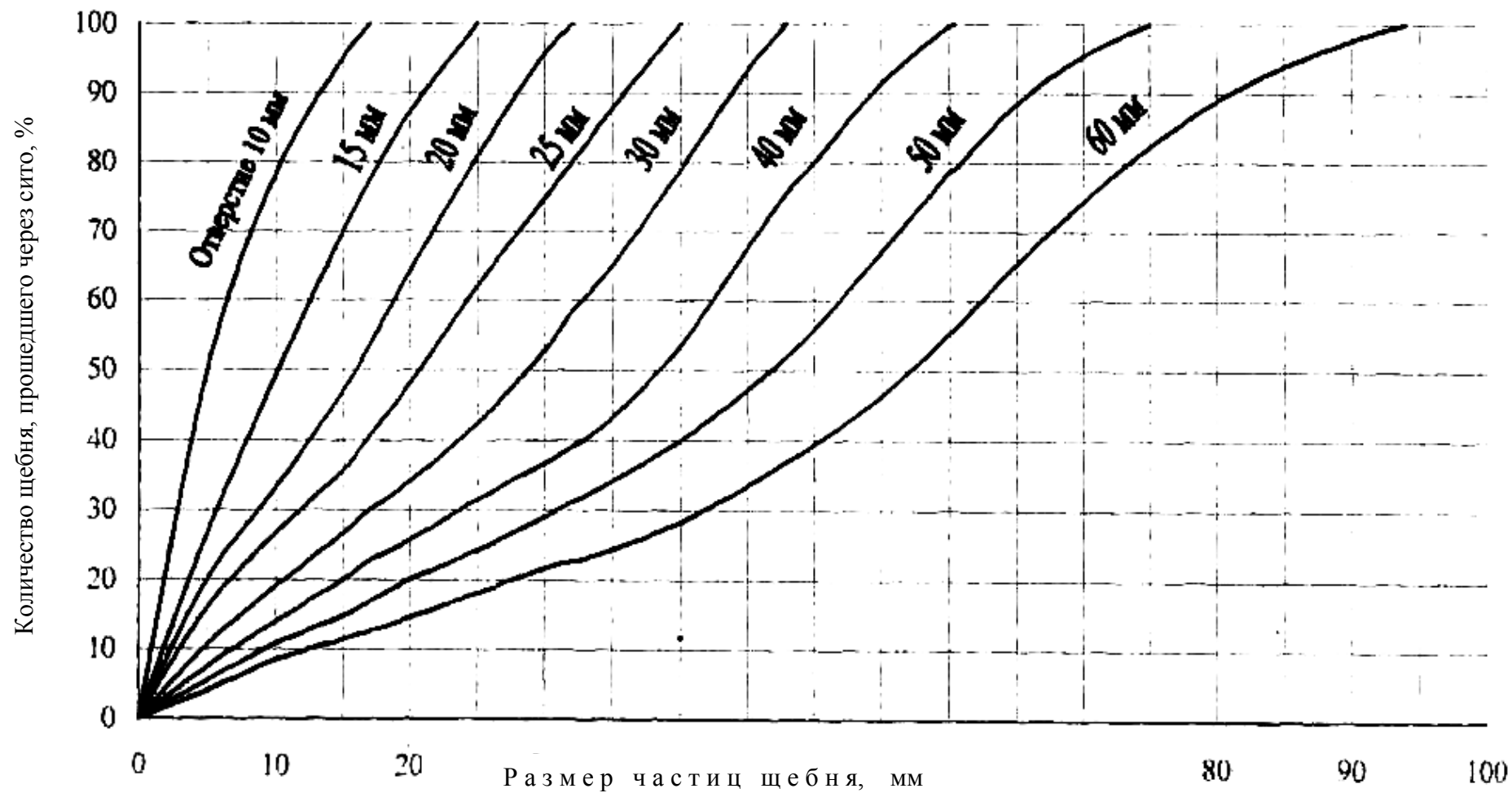


Рис. П. 8.3. График гранулометрического состава продуктов дробления в конусных дробилках среднего дробления

Технические характеристики пластинчатых питателей

Показатели	СМ-97В	СМ-59В	С-640	С-641	С-704	Новокаматорский машиностроитель- ный завод	
	к дробилкам с размером загрузочного отверстия, мм						
	400x600 500x800	600x900 500x800	600x900 900x120 0	500x800 600x900	600x900 900x1200	900x1200 600x900	900x1200 600x900
Производительность, м ³ /ч, при горизонтальном поло- жении (в зависимости от скорости)	28;35; 44,6;54	81;103; 127; 158	110-225	33-66,5	93-270	120	120
Ширина ленты, мм	800	1000	1000	800	1200	1200	1200
Длина ленты, мм	6000-7000	3000	6000	9000	4500	10000	6000
Угол наклона ленты, град.	0-25	0-15	--	--	15	0-15	0-15
Мощность эл. двигателя, кВт	4,5	4,5	5,3	5,3	20	13	29
Частота вращения, мин ⁻¹	1440	1440	950	950	1440	1440	1440
Масса питателя, т	8,4	5,8	4,4	6,8	12,2	39,5	63,2
Габаритные размеры, мм:							
длина	7120	4120	4180	7060	10110	7076	12576
ширина	2700	2800	3120	2930	4000	5142	5522
высота	1300	1400	1100	1055	1400	2346	2346

Технические характеристики инерционных грохотов лёгкого, среднего и тяжёлого типов

Параметры	Численные показатели по маркам грохотов								
	ГИЛ-32	ГИЛ-42	ГИЛ-43	С-740 (ГИС-32)	С-784 (ГИС-42)	С-785 (ГИС-52)	С-724 (ГИС-32)	СМ-690 (ГИТ-41)	172 ГР (ГИТ-42)
Размеры про- сеивающей по- верхности, мм: ширина длина	1230 2500	1500 3750	1500 3750	1250 3000	1500 3750	1750 4500	1250 2500	1500 3000	1500 3000
Площадь одного сита, м ²	3,125	5,625	5,625	3,745	5,625	7,875	3,125	4,495	4,495
Количество сит	2	2	3	2	2	2	1	1	2
Размеры квадратных яче- ек сит, мм: верхнего нижнего	50 6,8,10,13 20,25	50 6,8,10, 13,20, 25	50 6,8,10, 13,20, 25	40x40 12x12	40x40 12x12	40x40 12x12	Колос- ник.	Колос- ник	80x80 12x12
Максимальная крупность кусков исход- ного материала, мм	100	До 150	До 200	100	До 150	До 150	750	1000	До 2000

Параметры	Численные показатели по маркам грохотов								
	ГИЛ-32	ГИЛ-42	ГИЛ-43	С-740 (ГИС-32)	С-784 (ГИС-42)	С-785 (ГИС-52)	С-724 (ГИС-32)	СМ-690 (ГИТ-41)	172 ГР (ГИТ-42)
Угол наклона короба, град.	10-15	20-25	10-25	15-33	10-25	10-25	15-30	15-30	25
Ориентировочная производительность, т/ч	до 100	180	170	200	-	-	до 350	до 450	400
Амплитуда колебаний короба, мм	2,5	3;3,5	2,5;3	3	4,5	3,7	3	3	4
Частота вращения вала вибратора, мин ⁻¹	1150	900; 1000	900; 1000	1170	900	900	800	800	750
Мощность электродвигателя, кВт	4	10	10	7,5	10	10	10	13	-
Масса грохота, кг	1500	3055	3800	2150	3250	3700	3000	5100	-

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ
ВЫБОРА И РАСЧЕТА МЕЛЬНИЦ**

Таблица П.11.1

Технические характеристики шаровых мельниц

Характеристики	Сухое измельчение			Мокрое измельчение		
	900x1800	1500x1600	1500x5600	МШР 1500x1600	МШР 2100x3000	МШР 2700x3600
Внутренний диаметр барабана, мм	900	1500	1500	1500	2100	2700
Длина барабана, мм	1800	1600	5600	1600	3000	3600
Рабочий объём барабана, м ³	1,0	2,2	8,0	2,3	8,8	18
Частота вращения барабана, мин ⁻¹	42	30	29	30	24,4	21
Количество камер	1	1	2	1	1	1
Ориентировочная производительность, т/ч (по извести)	1,5	6,0	6...7	--	--	--
Масса шаровой загрузки, т	1,6	3,0	11,0	4,8	18,3	37
Мощность электродвигателя, кВт	20	55	125	55	200	400
Габаритные размеры в сборе, мм:						
длина	5120	7270		4900	8900	9700
ширина	1400	2215		3100	4800	6400
высота	1430	2280		2500	380	5050
Масса мельницы (без двигателя и шаров), т	3,7	14,9	37	16,5	45,5	78

Технические характеристики трубных многокамерных мельниц

<i>Характеристики</i>	<i>2,0x10,5</i>	<i>2,6x13</i>	<i>3,2x8,5</i>	<i>3,2x15</i>	<i>4,0x13,5</i>	<i>4,2x10,0</i>
Производительность, т/ч	10-56	26-120	36-105	50	75-100	130
Диаметр барабана, мм	2000	2600	3200	3200	4000	4200
Длина барабана, мм	10500	13000	8500	15000	13500	10000
Количество камер	4	4	2	3	2	2
Частота вращения барабана, мин ⁻¹	21	16	18,8	16,3	16,2	16,53
Масса мелющих тел, т	32	70	85	140	226	140
Мощность электродвигателя, кВт	350	820	1250	2000	3200	2000
Масса мельницы (без привода и шаров), т	69	137	215	356	486	330

Примечания:

1. Мельница (4,2x10 м) предназначена для помола сырья с одновременной его подсушкой при работе по замкнутому циклу с проходным сепаратором.

2. Мельница (3,2x8,5 м) выпускается в двух вариантах:

1) для мокрого помола мягкого сырья по открытому и замкнутому циклам; 2) для помола сырьевых материалов с подсушкой в замкнутом цикле с проходным сепаратором при загрузке крупки на домол во вторую камеру через вторую опорную цапфу.

3. Мельница (3,2x15 м) применяется для мокрого помола сырья и клинкера в открытом цикле; для помола клинкера по замкнутому циклу с центробежным сепаратором с промежуточным разгрузочно-загрузочным устройством после первой помольной камеры.

4. Мельницы (4x13,5 м), (2,6x13 м) и (2x10,5 м) применяются как для мокрого, так и для сухого способов помола.

Продолжение прил. 11
Таблица П.11.3

Технические характеристики сепараторов

<i>Характеристики</i>	<i>Проходные</i>				<i>Центробежные</i>			
Диаметр, м	2,5	2,85	3,42	3,6	2,8	3,5	4,0	6,8
Высота, м	4,18	4,65	5,35	3,8	5,0	5,3	5,8	8,18
Частота вращения, мин ⁻¹	-	-	-	-	2,55	200	180	-
Производительность при 10-процентном остатке на сите № 008, м ³ /ч	-	-	-	-	17	28	45	90
Пропускная способность, м ³ /ч	22500	30000	43500	84000	-	-	-	-
Потребляемая мощность, кВт	-	-	-	-	16	26	27	228
Масса, т	2,49	3,25	5,0	6,3	7,2	10,8	13,4	-

Таблица П.11.4

Технические характеристики дуговых грохотов

<i>Характеристики</i>	<i>СД-1</i>	<i>СД-2А</i>	<i>СД03</i>	<i>299ГрА</i>
Размеры решётки, мм: ширина	1100	1170	1200	720
длина	865	1730	2500	1200
Радиус кривизны, мм	550	550	800	2290
Центральный угол, гр.	90	180	180	30
Размер щели решётки, мм	0,5-3	0,5-2	0,5	0,01-1,0
Щель питающего патрубка (регулируемая), мм	10-30	0-30	90-140	-
Скорость пульпы на выходе из питающей щели, м/с	до 4	4,5-9	4,5-6	1-2
Производительность по питанию, м ³ /ч	до 200	300-400	450-500	20-60
Габаритные размеры, м				
длина	0,8	1,4	1,9	0,9
ширина	1,3	1,3	1,5	1,5
высота	2,6	2,6	2,6	1,35
Масса, кг	290	508	836	560

Технические характеристики шахтных мельниц

<i>Характеристики</i>	<i>Тип мельницы</i>					
	<i>ШМА 800x391</i>	<i>ШМА 1000x470</i>	<i>ШМА 1000x707</i>	<i>ШМА 1500x944</i>	<i>ШМА 1500x1230</i>	<i>ШМА 1500x1655</i>
Диаметр ротора, м	0,8	1,0	1,0	1,3	1,5	1,5
Длина ротора, м	0,391	0,470	0,707	0,944		1,655
Частота вращения ротора, с ⁻¹	16	16	16	12,1	12,1	12,1
Количество бил: по окружности по длине	3 5	4 6	4 9	4 12	6 15	6 21
Крупность исходного материала, мм	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20	0-20
Производительность, при остатке на сите № 009 – 60 % (по углю), т/ч	2,75-3,4	4,15-5,1	6,25-7,7	10,8-13,2	15,6-19,5	22-27
Мощность электродвигателя, кВт	30	45	75	125	175	250
Габаритные размеры, м: длина ширина высота	0,91 1,505 0,855	1,12 1,675 1,09	1,12 1,915 1,09	1,42 2,324 1,4	1,62 2,63 1,6	1,624 3,408 1,6
Масса без электродвигателя, т	2,1	2,7	3,1	5,11	7,6	9,9

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЖИГОВЫХ АППАРАТОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ**

Таблица П.12.1

Гипсоварочных котлов

66

<i>Характеристики</i>	<i>Емкость котла, м³</i>		
	<i>2,5</i>	<i>3,5</i>	<i>15</i>
Продолжительность варки, мин	80...90	80...90	80...90
Продолжительность загрузки котла гипсовым сырьем, мин	15	15	15
Продолжительность выгрузки котла, мин	4	4	6
Общий цикл варки гипса, мин	100-110	100-110	100-115
Температура варки гипса, °С	150...170	150...170	150...170
Число оборотов мешалки, мин ⁻¹	18	18	18
Мощность электродвигателя привода мешалки, кВт	3	4,5	19
Максимальная температура в топке котла, °С	900...1000	900...1000	900...1000
Расход условного топлива на 1 кг гипса, кг	54	54	50...52

Технические характеристики шахтных печей

<i>Характеристики</i>	<i>Производительность, т/сутки</i>			
	<i>50</i>	<i>100</i>	<i>200</i>	<i>450</i>
Высота печи, м:				
рабочая	18,2	17,0	19,0	24,0
строительная	27,2	30,0	34,6	45,0
Внутренний диаметр шахты, м	2,5	3,2	4,3	6,13
Полезный объем шахты, м ³	89	127	265	666
Съем с 1 м ³ полезного объема, т/м ³ в сутки	0,56	0,785	0,75	0,676
Расход условного топлива, кг/т	133	152,5	133	129
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/м ³	16	15	13	10
Температура, °С:				
отходящих газов	120	145	120	110
выгружаемой извести	80	80	80	80

**Техническая характеристика коротких вращающихся печей
с запечными теплообменниками**

Характеристики	Размеры печи (D x L), м			
	4x70	3,6x70	3,6x7,5	2,7x52,6
Вид обжигаемого сырья	Известняк			
Производительность, т/ч (по извести)	15	16	13,5	7,5
Частота вращения корпуса, мин ⁻¹	1,1	1,0	1,0	1,0
Содержание активных СаО+MgO в извести, %	85	90	90	80
Удельный расход сырья с учетом пылеуноса, кг/кг	2	2	2,08	2,17
Вид топлива	Мазут	Природный газ	Природный газ	Мазут
Тип теплообменника	Конвейерная решетка 3,9x25	Шахтный	Два котла утили-затора КУ-80-3	Конвейерная решетка 3,х10,5
Температура подогрева сырья в теплообменнике, °С	700	800	-	400
Температура газов на выходе из теплообменника, °С	370	300	200	200
Тип холодильника	Однобарабан-ный 3,6 x 38 м	Шахтный	Колосниковый «Волга» 25СН40	Однобарабан-ный 1,8 x 20,7 м
Температура извести на выходе из холодильника, °С	100	70	70	240

Таблица П.12.4

Техническая характеристика длинных вращающихся печей для обжига извести

Характеристики	Мокрый способ			Сухой способ		
	4,5x170м	3,6x110м	2,5x75м	4x150м	3,6x81м	2,7x65,6м
ид обжигаемого сырья	Меловой шлам			Мел		
Влажность, %	37	40	45	10	24..30	22..26
Размер кусков, мм	-	-	-	5..20	5..20	5..20
Производительность, т/ч	31,8	13,5	5,9	20..40	20...40	20..40
Частота вращения корпуса, мин ⁻¹	0,7..1,4	0,25-1,17	0,5..1,2	24	11,5	4,9
Удельный расход сухого сырья с учетом пылеуноса, кг/кг	1,86	1,8	1,74	0,57-1,14	0,65-1,34	0,5-1,17
Пылеунос, %	8	5	8	1,92	1,96	1,95
Вид топлива	10	15	12	Природный газ	Природный газ	Природный газ
Содержание в извести активных СаО+MgO, %	Природный газ	Природный газ	Природный газ	Мазут	Природный газ	Природный газ
Температура извести на выходе из холодильника, °С	90	80	70	90	85	80
Тип холодильника	50	50	120	150	120	150
	Колосниковый (Волга-350)	Однотарабаный 2,5 x 38 м	Рекуператорный, 12 барабанов 0,8 x 4,4 м	Однотарабаный 3,6 x 56 м	Рекуператорный, 10 барабанов 1,25 x 6 м	Рекуператорный, 12 барабанов 0,88 x 4,7 м

Технические характеристики печей кипящего слоя

<i>Характеристики</i>	<i>Производительность, т/сутки</i>		
	<i>200</i>	<i>400</i>	<i>1000</i>
Рабочие размеры шахты в зоне обжига, м: диаметр (в свету) высота	2,75 4,0	3,93 11,3	4,554 7,7
Полезный объем печи, м ³	62	242	2,85
Удельный съем извести, т/ м ³ в сутки	3,23	1,65	3,5
Содержание в извести активных СаО+MgO, %	88	85	90
Вид сырья	Известняк	Доломит	Известняк
Размеры кусков, мм	3..12	2,5..10	12..25
Влажность сырья, %	2,0	4,0	2,0
Удельный расход сырья с учетом пылеуноса, кг/кг	2,1	2,04	2,0
Температура, °С: отходящих газов выгружаемой извести	470 80	400 120	450 102

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕВАТОРОВ

Таблица П.13.1

Типоразмеры и основные параметры ленточных элеваторов

Типоразмеры	Способ разгрузки	Расположение ковшей	Тип ковшей	Ширина ковшей, мм	Емкость ковшей, л	Шаг ковшей, мм	Скорость движения, м/с	Производительность, м ³ /ч	Ширина ленты, мм	Длина приводного барабана, мм
ЭЛГ-135	Центробежно-самотечный	С расставленными ковшами	Глубокие с цилиндрическим днищем	135	0,75	200	1,0-1,6	3,5	150	165
ЭЛГ-160				160	1,1	300		8,13	200	250
ЭЛГ-200				200	2,0	300		14,23	250	300
ЭЛГ-250				250	3,2	400		17,28	300	350
ЭЛГ-350				350	7,3	500		30,34	400	450
ЭЛГ-450				450	14,5	600		52,84	500	550
ЭЛМ-160			Мелкие с цилиндрическим днищем	160	0,65	300	1,0-1,6	3-5	200	250
ЭЛМ-200				200	1,1	300		5-8	250	300
ЭЛМ-250				250	2,6	400		9-15	300	350
ЭЛМ-350				350	7,0	500		20-32	400	450
ЭЛМ-450	450	15,0		600	38-58	500		550		
ЭЛО-160	Сомкнутыми ковшами	Остроголовые с бортовыми направляющими	160	1,5	160	0,4-0,63	5-8	200	250	
ЭЛО-250			250	3,6	200		9-14	300	350	
ЭЛО-350			350	7,8	250		15-22	400	450	
ЭЛО-450			450	16,3	320		26-40	500	550	
ЭЛО-600			600	34,4	400		43-87	650	700	

Типоразмеры и основные параметры цепных элеваторов

<i>Типоразмеры</i>	<i>Способ разгрузки</i>	<i>Расположение ковшей</i>	<i>Тип ковшей</i>	<i>Ширина ковша, мм</i>	<i>Емкость ковша, л</i>	<i>Шаг ковша, мм</i>	<i>Скорость движения, м/с</i>	<i>Производительность, м³/ч</i>	<i>Шаг цепи, мм</i>
Одноцепные ЭЦГ-160 ЭЦГ-200 ЭЦГ-250 ЭЦГ-350 ЭЦМ-160 ЭЦМ-200 ЭЦМ-250 ЭЦМ-350	Центробежно-самотечные	С расставленными ковшами	Глубокие с цилиндрическим днищем	160	1,1	300	0,8-1,25	6-10	100
				200	2,0	300		12-13	100
				250	3,2	400		22-34	100-125
				350	7,8	500		38-60	125-250
			Мелкие с цилиндрическим днищем	160	0,65	300	0,8-1,25	5-7	100
				200	1,1	300		6-10	100
				250	2,6	400		12-18	100-125
				350	7,0	500		23-36	125-250
ЭЦО-160 ЭЦО-250 ЭЦО-350 Двухцепные Э2ЦО-450 Э2ЦО-600 Э2ЦО-750 Э2ЦО-900	Самотечный	С сомкнутыми ковшами	Остроугольный с бортовыми направляющими	160	1,5	160	0,32-0,5	7-10	100
				250	3,6	200		12-20	200
				350	7,8	250		15-24	250
				450	16,0	320		0,32-0,5	25-38
			600	34,0	400	39-61	200-400		
			750	67,0	500	62-96	250-500		
			900	130,0	630	100-160	630		

Учебное издание

Шмитько Евгений Иванович
Крылова Алла Васильевна
Кабанов Виктор Семенович
Козодаев Сергей Петрович
Степанова Мария Петровна

КОМПЛЕКСНЫЙ КУРСОВОЙ ПРОЕКТ ПО ДИСЦИПЛИНАМ «ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА», «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ», «МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ СТРОЙИНДУСТРИИ»

Учебно-методическое пособие
для студентов, обучающихся по направлению
270800.62 «Строительство»
профиль «Производство и применение строительных материалов,
изделий и конструкций»

Редактор Аграновская Н.Н.

Подписано в печать 04.03.2015. Формат 60 × 84 1/16. Уч.-изд. л. 6,6.
Усл.-печ. л. 6,7. Бумага писчая. Тираж 100 экз. Заказ № 84.

Отпечатано: отдел оперативной полиграфии издательства учебной литературы
и учебно-методических пособий Воронежского ГАСУ
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84