

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Клочков Юрий Сергеевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 28.09.2026 10:19:25

Уникальный программный ключ:

3beb265d5d589e7ff4c95494615ad99a1e70ac12

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

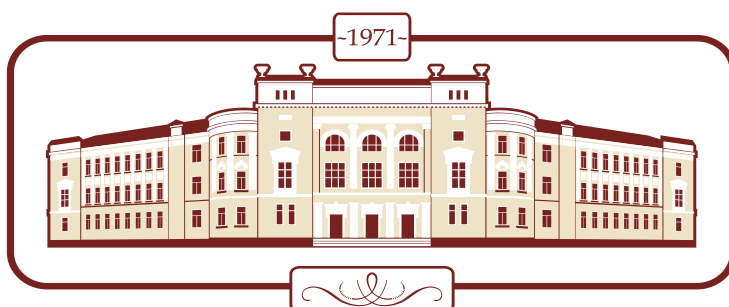
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра строительных материалов

Зимакова Г. А., Солонина В. А.



ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

для студентов, обучающихся по направлению 270800.62 «Строительство»,
профиль подготовки «Производство и применение строительных материалов,
изделий и конструкций»
очной формы обучения

Тюмень, 2014

Зимакова, Г. А. Вяжущие вещества: методические указания к выполнению курсового проекта для студентов, обучающихся по направлению 270800.62 «Строительство», профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций» очной формы обучения/ Г. А. Зимакова, В. А. Солонина. – Тюмень: РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», 2014. – 56 с.

Методические указания к курсовому проекту «Проектирование предприятий по производству минеральных вяжущих» разработаны на основании рабочей программы ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ» дисциплины «Вяжущие вещества» для студентов, обучающихся по направлению 270800.62 «Строительство», профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций» очной формы обучения.

Методические указания содержат теоретический материал, методику расчетов, информационные и справочные данные.

Рецензент: Абайдуллина Т. Н.

Тираж: 10 экз.

Заказ № 111

© ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет»

© Зимакова Г. А., Солонина В. А.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет»

СОДЕРЖАНИЕ

1 Цели и задачи курсового проектирования	4
2 Задание на курсовой проект	4
3 Организация работы над курсовым проектом	5
4 Обоснование и выбор сырья	6
4.1 Сырьевые материалы для производства портландцемента и его разновидностей	6
4.2 Технологическое топливо	7
4.3 Расчет состава сырьевой смеси для производства портландцемента	8
5 Технологическая часть	15
5.1 Выбор и обоснование технологической схемы производства	15
5.2 Технологическая схема	15
5.3 Определение режима работы предприятия	17
5.4 Расчет материального баланса	18
5.5 Выбор оборудования	19
5.6 Расчет емкости складов и бункеров	20
5.7 Расчет потребности в энергоресурсах	23
5.8 Компоновка поточной линии производства	24
6 Техничко-экономические показатели	25
7 Контроль производства и качества готовой продукции	26
8 Мероприятия по технике безопасности, охране труда и защите окружающей среды	26
Библиографический список.....	27
Приложение 1. Титульный лист	28
Приложение 2. Химический состав сырьевых компонентов	29
Приложение 3. Оборудование для дробления	32
Приложение 4. Оборудование для тонкого измельчения – помола	36
Приложение 5. Сепараторы и классификаторы	40
Приложение 6. Оборудование для сушки материала	41
Приложение 7. Оборудование для обжига портландцементной сырьевой шихты и охлаждения клинкера	43
Приложение 8. Пылеулавливатели, вентиляторы, дымососы	47
Приложение 9. Компоновочные решения	49

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В программе подготовки бакалавра по направлению 270800.62 «Строительство» профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций» выполнение курсового проекта по дисциплине «Вяжущие вещества» является одним из основных этапов.

Современные заводы по производству вяжущих веществ представляют собой предприятия, состоящие из различных высоко механизированных и автоматизированных технологических линий, проектирование которых связано с выполнением комплекса проектных решений технологического, технического, организационного, экологического характера. Проектирование технологических линий и цехов является творческой работой и требует предварительного изучения теории вяжущих веществ, основ технологической организации производства.

В процессе выполнения курсового проекта реализуются следующие задачи:

- *Самостоятельная работа* студента, в которой систематизируются, углубляются и закрепляются знания и навыки, полученные при изучении дисциплин: механическое оборудование, процессы и аппараты, материаловедение, вяжущие вещества и при прохождении ознакомительной практики.
- *Творческая работа*, приобретение навыков использования учебной, справочной и нормативной литературой, обоснования применяемых решений, выполнения расчетов и графической части работы.
- *Подготовительная работа* – приобретение опыта работы над курсовыми проектами по профилирующим дисциплинам.
- *Программное проектирование* – расчет сырьевой смеси выполняется по программе.

2. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Задание на курсовой проект студент получает от преподавателя по одному из вариантов. В задании указывается вид выпускаемого цемента или другого вяжущего, производительность завода; качественные характеристики сырья (вид, химический состав, влажность); модульные характеристики клинкера; другие данные, необходимые для выполнения проекта.

В процессе консультаций уточняется особенность получаемого вяжущего на основании минералогического состава клинкера, согласуется основная техническая и технологическая идея проекта.

Содержание и объем курсового проекта.

Проект состоит из двух частей:

1. Расчетно-пояснительной записки (объем 20-30 страниц).
2. Графической части на 1-2 листах формата А-1-3.

Пояснительная записка и чертежи должны быть выполнены в соответствии с требованиями единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и действующих стандартов (ГОСТ 2.701.-84:2.797-81 и др.).

Расчетно-пояснительная записка должна быть написана грамотно, разборчиво, лаконично, иметь титульный лист (приложение 2), задание, оглавление, пояснительную, расчетную, экономическую части и список использованной литературы. Титульный лист записки и чертежи подписывают студент и руководитель.

Графическая часть курсового проекта содержит технологическую схему производства или план и разрезы цеха в масштабе 1:100 (допускаются масштабы 1:50 и 1:200).

3. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ НАД КУРСОВЫМ ПРОЕКТОМ

3.1. При выполнении курсового проекта студент самостоятельно решает вопросы по технологическим характеристикам производимой продукции, решает вопросы и разрабатывает принципиальную технологическую схему производства, устанавливает взаимосвязь отдельных операций и процессов в общем технологическом цикле. После разработки материального баланса по основным технологическим переделам, производится расчет и подбор технологического оборудования. Последовательно излагаются все принятые проектные решения.

Проект должен содержать:

- вводную часть;
- характеристику и номенклатуру продукции;
- программный расчет сырьевой смеси;
- технологическую часть;
- организацию работ производства;
- охрану труда;
- карту контроля производственных процессов.

3.2. Курсовой проект рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Изучение задания и подбор литературы, в том числе нормативной документации.
2. Выполнить расчет сырьевой смеси. На основании данных по химическому составу сырьевых материалов и модульных характеристик клинкера. Определяется число компонентов сырьевой смеси (2, 3, 4-х компонентная смесь).
3. Номенклатура продукции. В этом разделе необходимо привести основные показатели и технические требования к вяжущему, регламентированные стандартами. Установить возможность введения добавок, определить требования по тонкости помола, виду топлива. Вяжущее характеризуется с точки зрения условий получения, сырьевой базы и возможных областей

его применения. В разделе приводятся химический, гранулометрический и минералогический составы вяжущего, оценивается экологический аспект его производства.

4. Технологическая часть.

- 4.1 Выбрать способ производства и дать его технико-экономическое обоснование;
- 4.2 Обосновать принципиальную технологическую схему;
- 4.3 Выбрать режим работы цехов;
- 4.4 Определить потребность в сырьевых материалах и полуфабрикатах;
- 4.5 Расчет основного технологического и транспортного оборудования и их подбор (тип, марка);
- 4.6 Рассчитать емкость бункеров, складов;
- 4.7 Разработать схему компоновки оборудования по одному из цехов предприятия.
- 4.8 После утверждения преподавателем выполняется чертеж плана и разреза цеха, составляется ведомость применяемого технологического оборудования.

5. Техничко-экономические показатели.

6. Рекомендации по контролю технологического процесса и качества готовой продукции.

7. Охрана труда и техника безопасности. При разработке курсового проекта студент должен учитывать необходимость создания санитарно-гигиенических и безопасных условий труда. Необходимо обосновать основные приемы обеспечения пыле-, газоочистки, защиты от шума, вибраций, высоких температур. Удобные условия работы, предупреждающие травматизм.

4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СЫРЬЯ

4.1 Сырьевые материалы для производства портландцемента и его разновидностей

Для приготовления цементной сырьевой смеси (шихты) используют карбонатные, карбонатно-глинистые и глинистые горные породы, а также попутные продукты и промышленные отходы, заменяющие глинистую или частично карбонатную часть шихты.

При повышенном содержании в известняках и мергеле доломита их относят к доломитизированным, и они могут применяться в шихте при условии содержания MgO в клинкере не более 5%.

Вредными примесями в известняковом компоненте являются: кремневые включения в виде желваков или прослоек халцедона, трудно поддающихся измельчению, и малореакционноспособные; гипсовые материалы, так как сульфатная сера переходит в клинкер, поэтому содержание SO_3 ограничивается 1,7%.

Вредными примесями в глинистых породах является MgO , однако при содержании в карбонатных породах, идущих в шихту, более 53% CaO , содержание MgO в глинах практически не ограничивается. Содержание SO_3 в глинистых породах не должно превышать 3%, P_2O_5 – 0,6%; отклонения допустимы в зависимости от содержания этих окислов в карбонатном сырье.

В связи с развитием сухого способа производства цемента важное значение имеет содержание R_2O . Содержание щелочных оксидов в цементе пересчитывается на Na_2O по формуле и не должно превышать 1%:

$$R_2O = Na_2O + 0,658 K_2O.$$

Браковочным признаком глинистых пород является их гранулометрический состав: количество фракций крупнее 0,2 мм не должно превышать 10%, фракций крупнее 0,08 мм должно быть не более 20% (включая фракцию крупнее 0,2мм).

Расход (в абсолютно сухом состоянии) на 1 т клинкера составляет: чистых известняков и мела 1,2-1,3 т; мергелей 1,4-1,6 т; глинистых 0,28-0,3 т.

Корректирующие добавки вводят в шихту для корректирования кремнеземистого и глиноземистого модулей. Железосодержащие добавки (содержание Fe_2O_3 не менее 40%): пиритные (колчеданные) огарки, колошниковая пыль, железная руда и отходы ее обогащения; глиноземистые добавки (содержание Al_2O_3 не менее 30%): маложелезистые, богатые глиноземом, глины, каолин, бокситы; кремнеземистые добавки (содержание SiO_2 не менее 70%): кварцевые пески, опока, трепел.

В качестве интенсификаторов процесса обжига клинкера в шихту могут вводить:

- фосфогипс - в пересчете на SO_3 1% массы вводимого в печь сырья;
- кремнефтористый натрий Na_2SiF_6 - в количестве 0,2-0,5% массы шихты, расходуемой на 1 т клинкера;
- плавленый шпат CaF_2 - в количестве 0,5-1%;
- зола ТЭЦ;
- пыль.

4.2. Технологическое топливо

Природный газ: смесь горючих компонентов (углеводородов, окиси углерода и сероводорода) с примесью инертных (азота, двуокиси углерода и водяного пара. Основным горючим веществом является метан CH_4 (80-98%), теплота сгорания сухого газа составляет 33,5-36 МДж/м³. Газ, применяемый для обжига клинкера, отбирается из системы газопроводов.

Газоснабжение предприятий осуществляется от магистральных газопроводов через понизительные газораспределительные пункты (ГРП) и устройства (ГРУ). Применяются газопроводы с низким (до 5 кПа), средним (>5<300 кПа) и высоким ($\geq 300 \dots < 1200$ кПа) давлением. Природный газ воспламеняется при 800 °К.

Уголь

Мазут

4.3 Расчет состава сырьевой смеси для производства портландцемента

4.3.1 Основные понятия

Портландцементный клинкер получают путем обжига до спекания шихты, состоящей из известняка и глины или других материалов (мергеля, нефелинового шлама, доменного шлака, зол от сжигания твердого топлива), обеспечивающих образование в клинкере силикатов кальция (70-80%), алюминатной и алюмоферритной фазы (20-30%).

Химико-минералогический состав клинкера характеризуется:

а) *коэффициентом насыщения* кремнезема известью KH , представляющим собой отношение количества оксида кальция в клинкере, фактически связанного с кремнекислотой, к ее количеству, теоретически необходимому для полного связывания этой кислоты в трехкальцевый силикат:

$$KH = \frac{CaO_{общ} - CaO_{своб} - 1,65Al_2O_3 - 0,35Fe_2O_3 - 0,7SO_3}{2,8(SiO_{2общ} - SiO_{2своб})} \quad (4.1)$$

KH практически находится в пределах 0,85-0,95;

Чем выше KH , тем хуже спекание клинкера, тем больше в смеси несвязанного CaO .

б) *силикатным* (кремнеземистым) модулем CM , представляющим собой отношение процентного содержания в клинкере кремнекислоты к сумме процентного содержания оксидов алюминия и железа (CM обозначается буквой n); n составляет 1,7-3,5;

$$CM = \frac{\%SiO_2}{\%(Al_2O_3 + Fe_2O_3)}; \quad (4.2)$$

в) *глиноземистым* модулем $ГМ$, представляющим собой отношение процентного содержания в клинкере оксида алюминия к процентному содержанию оксида железа ($ГМ$ обозначается буквой p); p составляет 1,0-2,5.

$$ГМ = \frac{\%Al_2O_3}{\%Fe_2O_3} \quad (4.3)$$

4.3.2 Расчет сырьевой смеси

Расчет основан на определении весовых соотношений, в которых должны дозироваться сырьевые компоненты при подготовке шихты. Расчет осуществляют на основе химического анализа компонентов шихты на содержание оксидов, % по массе: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , R_2O , SO_3 и на ППП (потери при прокаливании). При этом:

$$Fe_2O_3 = Fe_2O_3 + 1,1114 FeO + 1,1127 MnO \quad (4.4)$$

$$R_2O = Na_2O + 0,658 K_2O \quad (4.5)$$

$$Al_2O_3 = Al_2O_3 + P_2O_5 + TiO_2 \quad (4.6)$$

При обжиге клинкера на твердом топливе, а также при двустороннем питании печи, или компонента, вдуваемого в печь с ее горячего конца, учитывают присадку золы или оксидов компонента.

Все вычисления при расчете сырьевой смеси ведут с точностью до 0,01%.

Расчет двухкомпонентной сырьевой шихты

При расчете двухкомпонентной шихты задаются химическим составом сырья и значением одного модуля (как правило KH).

Расчет производится в следующем порядке:

- a) пересчет данных химического состава обоих компонентов к 100%. Для этого вычисляются пересчетный коэффициент K для первого и второго компонентов путем деления 100 на сумму Σ , полученную сложением процентного содержания всех оксидов в каждом материале

$$K = 100 / \Sigma; \quad (4.7)$$

- b) умножение заданного процентного содержания оксидов каждого из материалов на соответствующий поправочный коэффициент K . Полученный химический состав исходных материалов в сумме приводится к 100%.
- c) принимается за 1 содержание компонента 2 (по массе) в сырьевой смеси и за x содержание компонента 1 (по массе). Записываются следующие равенства:

$$C_o = \frac{x C_1 + C_2}{x + 1}; \quad (4.8)$$

$$A_o = \frac{x A_1 + A_2}{x + 1}; \quad (4.10)$$

$$S_o = \frac{x S_1 + S_2}{x + 1}; \quad (4.9)$$

$$F_o = \frac{x F_1 + F_2}{x + 1}; \quad (4.11)$$

Подставляя указанные выше значения для C_o , A_o , S_o , F_o в упрощенную формулу расчета коэффициента насыщения

$$KH = \frac{C_o - 1,65 A_o - 0,35 F_o}{2,8 S_o} \quad (4.12)$$

и решая полученное уравнение относительно x , получаем следующую расчетную формулу для определения состава смеси по заданному значению коэффициента насыщения

$$X = \frac{\text{компонент1}}{\text{компонент2}} = \frac{(2,8 S_2 KH + 1,65 A_2 + 0,35 F_2) - C_2}{C_1 - (2,8 S_1 KH + 1,65 A_1 + 0,35 F_1)} \quad (4.13)$$

где $C_{1,2}$; $S_{1,2}$; $F_{1,2}$; $A_{1,2}$ – сокращенное написание оксидов CaO ; SiO_2 ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3 , содержащихся соответственно в первом и втором компонентах смеси. C_o ; S_o ; F_o ; A_o – содержание данного оксида в искомой сырьевой смеси.

- d) долю каждого компонента в шихте, %, определяют по формулам:

$$\text{компонент1} = \frac{X}{X + 1} 100 \% \quad (4.14)$$

$$\text{компонент2} = \frac{1}{X + 1} 100 \% \quad (4.15)$$

- e) пересчет процентного содержания оксида каждого из компонентов смеси, для чего умножают значения оксидов на полученное содержание в долях данного компонента в сырьевой смеси.
- f) расчет химического состава сырьевой смеси производят путем сложения %-ого содержания каждого оксида в компонентах.
- g) определение состава клинкера путем умножения содержания оксидов сырьевой смеси на коэффициент K_2 , который рассчитывается по формуле:

$$K_2 = 100 / (100 - \text{п.п.п.}) \quad (4.16)$$

где п.п.п. – потери при прокаливании сырьевой смеси, %

h) вычисление КН рассчитанной сырьевой смеси (клинкера) и сравнение его с заданным.

Пример расчета двухкомпонентной сырьевой смеси

Требуется рассчитать двухкомпонентную сырьевую смесь с $КН=0,92$, состоящую из мела и глины следующего химического состава (табл.4.1).

Таблица 4.1.

Химический состав исходных сырьевых материалов

Материал	Содержание оксидов, %							Сумма Σ	K_1
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.		
Мел	1,48	0,53	0,37	55,38	0,25	-	42,27	100,28	0,9972
Глина	51,33	15,48	9,24	3,23	2,63	2,0	15,27	99,17	1,00837

Пересчитать данные химического состава к 100%. Для этого необходимо вычислить переходный коэффициент K_1 .

Для глины $K_1 = 100/\Sigma = 100/99,17 = 1,00837$

Умножая процентное содержание оксидов каждого из материалов на соответствующий поправочный коэффициент K_1 , получить химический состав исходных данных материалов, приведенный к 100% (табл. 4.2).

Таблица 4.2.

Химический состав исходных сырьевых материалов, приведенный к 100%

Материал	Содержание оксидов, %							Сумма Σ
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.	
Мел	1,48	0,53	0,37	55,22	0,25	-	42,15	100
Глина	51,76	15,61	9,32	3,26	2,64	2,01	15,40	100

Принять содержание мела в заданной смеси за X , а глины за 1 и вычислить значение X по формуле:

$$X = \frac{2,8 \times 51,76 \times 0,92x + 1,65 \times 15,61 + 0,35 \times 9,32 - 3,26}{55,22 - 2,8 \times 1,48 \times 0,92 - 1,65 \times 0,53 - 0,35 \times 0,37} = 3,1564$$

Сумма компонентов смеси $X+1=4,1564$.

Определяем процентное содержание компонентов в смеси:

$$\text{компонент1} = \frac{X}{X+1} 100\% = \frac{3,1564}{4,1564} 100\% = 75,94\%$$

$$\text{компонент2} = \frac{1}{X+1} 100\% = \frac{1}{4,1564} 100\% = 24,06\%$$

Пересчитать процентное содержание оксидов каждого из компонентов смеси, для чего умножить их значения (табл. 4.2) на полученное содержание (%) данного компонента в сырьевой смеси. Данные свести в табл. 4.3 и рассчитать состав сырьевой смеси.

Для перехода от состава сырьевой смеси к составу клинкера вычислить пересчетный коэффициент K_2 и умножить на этот коэффициент содержание оксидов сырьевой смеси.

$$K_2 = \frac{100}{100 - 35,72} = 1,5557$$

Таблица 4.3.

Химический состав сырьевой смеси и клинкера

Материал	Содержание оксидов, %							Сумма Σ
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.	
Мел (0,7594 ч. по массе)	1,12	0,4	0,28	41,94	0,19	-	32,01	75,94
Глина	12,45	3,77	2,24	0,78	0,63	0,48	3,71	24,06

(0,2406 ч. по массе)								
Состав, % сырьевой смеси	13,57	4,17	2,52	42,72	0,82	0,48	35,72	100
Клинкер, %	21,11	6,49	3,92	66,46	1,27	0,75	-	100

Вычислить KH рассчитанной сырьевой смеси (клинкера) и сравнить его значение с заданным:

$$KH = \frac{42,72 - 1,65 \times 4,17 - 0,35 \times 2,52}{2,8 \times 13,57} = 0,92$$

Заданное значение $KH=0,92$, т.е. расчет выполнен верно.

Расчет трехкомпонентной сырьевой шихты

При расчете трехкомпонентной шихты задаются химическим составом сырья и значением двух модулей (как правило KH и n или p).

В расчете предполагается, что состав шихты соответствует отношению:

компонент 1:компонент 2:компонент 3 = $x:y:1$

Тогда: $C_o = \frac{x C_1 + y C_2 + C_3}{x + y + 1};$ (4.17) $A_o = \frac{x A_1 + y A_2 + A_3}{x + y + 1};$ (4.19)

$S_o = \frac{x S_1 + y S_2 + S_3}{x + y + 1};$ (4.18) $F_o = \frac{x F_1 + y F_2 + F_3}{x + y + 1}$ (4.20)

Подставив значения для C_o , A_o , S_o , F_o в формулу для расчета KH и n

$$KH = \frac{C_o - 1,65 A_o - 0,35 F_o}{2,8 S_o} \quad (4.21)$$

$$n = \frac{S_o}{F_o + A_o} \quad (4.22)$$

Выводят формулы для расчета x и y :

$$x = \frac{\text{компонент1}}{\text{компонент3}} = \frac{c_1 b_2 - c_2 b_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1}; \quad (4.23)$$

$$y = \frac{\text{компонент2}}{\text{компонент3}} = \frac{a_1 c_2 - a_2 c_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1} \quad (4.24)$$

Расчет коэффициентов:

$$a_1 = (2,8 KH S_1 + 1,65 A_1 + 0,35 F_1) - C_1; \quad (4.25)$$

$$b_1 = (2,8 KH S_2 + 1,65 A_2 + 0,35 F_2) - C_2; \quad (4.26)$$

$$c_1 = C_3 - (2,8 KH S_3 + 1,65 A_3 + 0,35 F_3); \quad (4.27)$$

$$a_2 = n(A_1 + F_1) - S_1; \quad (4.28)$$

$$b_2 = n(A_2 + F_2) - S_2; \quad (4.29)$$

$$c_2 = S_3 - n(A_3 + F_3). \quad (4.30)$$

При заданном кремнеземистом модуле p расчет коэффициентов a_2 , b_2 , c_2 пользуются следующими выражениями:

$$a_2 = p A_1 - F_1; \quad (4.31)$$

$$b_2 = pA_2 - F_2; \quad (4.32)$$

$$c_2 = F_3 - pA_3. \quad (4.33)$$

Долю каждого компонента в шихте, %, определяют по формулам:

$$\text{компонент1} = \frac{X}{X + Y + 1} 100 \% \quad (4.34)$$

$$\text{компонент2} = \frac{Y}{X + Y + 1} 100 \% \quad (4.35)$$

$$\text{компонент3} = \frac{1}{X + Y + 1} 100 \% \quad (4.36)$$

Далее расчет производится аналогично расчету двухкомпонентной смеси.

Пример расчета трехкомпонентной сырьевой смеси

Требуется рассчитать трехкомпонентную сырьевую смесь с $KH=0,93$, состоящую из мела, глинистого мергеля и огарков, химический состав которых приведен в таблице 4.4.

Таблица 4.4.

Химический состав исходных сырьевых материалов

Материал	Содержание оксидов, %							Сумма Σ	K_1
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.		
Мел	1,48	0,53	0,37	55,38	0,25	-	42,27	100,28	0,9972
Мергель глинистый	15,88	4,92	2,2	34,48	0,75	0,29	29,76	88,28	1,13276
Огарки	15,88	5,26	74,88	1,79	-	2,05	-	99,46	1,00543

Пересчитать данные химического состава к 100%. Для этого необходимо вычислить переходный коэффициент K_1 .

Для мела $K_1 = 100/\Sigma = 100/100,28 = 0,9972$

Умножая процентное содержание оксидов каждого из материалов на соответствующий поправочный коэффициент K_1 , получить химический состав исходных данных материалов, приведенный к 100% (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Химический состав исходных сырьевых материалов, приведенный к 100%

Материал	Содержание оксидов, %							Сумма Σ
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.	
Мел	1,48	0,53	0,37	55,22	0,25	-	42,15	100
Мергель глинистый	17,99	5,57	2,49	39,06	0,85	0,33	33,71	100
Огарки	15,97	5,29	74,88	1,3	-	2,06	-	100

Принимая содержание мела в заданной смеси за X , мергеля за Y и огарков за 1, определить соотношение между компонентами в смеси по формулам, приведенным выше. Подставить значения химического состава, определить: $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$.

$$a_1 = -50,3606;$$

$$a_2 = 0,025;$$

$$b_1 = 17,8479;$$

$$b_2 = -1,835;$$

$$c_1 = -74,7223;$$

$$c_2 = -107,03$$

Значения $X = 22,3526$

$Y = 58,8678$

Находим сумму компонентов и определяем их процентное содержание в смеси:

$$\text{компонент1} = \frac{X}{X + Y + 1} 100 \% = 27,18 \%$$

$$\text{компонент2} = \frac{Y}{X + Y + 1} 100 \% = 71,6 \%$$

$$\text{компонент3} = \frac{1}{X + Y + 1} 100 \% = 1,22 \%$$

Пересчитать процентное содержание оксидов каждого из компонентов смеси, для чего умножить их значения (табл. 4.5) на полученное содержание (%) данного компонента в сырьевой смеси. Данные свести в табл. 4.6 и рассчитать состав сырьевой смеси.

Для перехода от состава сырьевой смеси к составу клинкера вычислить пересчетный коэффициент K_2 и умножить на этот коэффициент содержание оксидов сырьевой смеси.

$$K_2 = \frac{100}{100 - 35,58} = 1,55231$$

Таблица 4.6

Химический состав сырьевой смеси и клинкера

Материал	Содержание оксидов, %							Сумма Σ
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.	
Мел (0,2718 ч. по массе)	0,4	0,15	0,1	15,01	0,07	-	15,45	27,18
Мергель глинистый (0,2406 ч. по массе)	12,88	3,99	1,78	27,97	0,61	0,24	24,13	71,6
Огарки (0,0122 ч. по массе)	0,2	0,06	0,91	0,02	-	0,03	-	1,22
Состав, % сырьевой смеси	13,48	4,2	2,79	43,0	0,68	0,27	35,58	100,0
Клинкер, %	20,93	6,52	4,33	65,75	1,05	0,42	-	100,0

Вычислить KH рассчитанной сырьевой смеси (клинкера) и сравнить его значение с заданным:

$$KH = \frac{48,0 - 1,65 \times 4,2 - 0,35 \times 2,79}{2,8 \times 13,48} = 0,93$$

$$p = \frac{6,52}{4,33} = 1,5033$$

Заданное значение $KH=0,93$, $p = 1,5$, т.е. расчет выполнен верно

Расчет четырехкомпонентной сырьевой шихты

При расчете четырехкомпонентной шихты задаются химическим составом сырья и значением трех модулей (KH , n и p).

В расчете предполагается, что состав шихты соответствует отношению:

компонент 1:компонент 2:компонент 3:компонент 4 = $x:y:z:l$

Для расчета x , y и z пользуются следующими формулами:

$$x = \frac{d_1(b_2c_3 - b_3c_2) - d_2(b_1c_3 - b_3c_1) + d_3(b_1c_2 - b_2c_1)}{a_1(b_2c_3 - b_3c_2) - a_2(b_1c_3 - b_3c_1) + a_3(b_1c_2 - b_2c_1)}, \quad (4.37)$$

$$y = \frac{a_1(d_2c_3 - d_3c_2) - a_2(d_1c_3 - c_1d_3) + a_3(d_1c_2 - d_2c_1)}{a_1(b_2c_3 - b_3c_2) - a_2(b_1c_3 - c_1b_3) + a_3(b_1c_2 - b_2c_1)}, \quad (4.38)$$

$$z = \frac{a_1(b_2d_3 - d_2b_3) - a_2(b_1d_3 - b_3d_1) + a_3(b_1d_2 - b_2d_1)}{a_1(b_2d_3 - b_3d_2) - a_2(b_1c_3 - b_3c_1) + a_3(b_1c_2 - b_2c_1)}. \quad (4.39)$$

Расчет коэффициентов:

$$a_1 = (2,8 KH S_1 + 1,65 A_1 + 0,35 F_1) - C_1; \quad (4.40)$$

$$b_1 = (2,8 KH S_2 + 1,65 A_2 + 0,35 F_2) - C_2; \quad (4.41)$$

$$c_1 = (2,8 KH S_3 + 1,65 A_3 + 0,35 F_3) - C_3; \quad (4.42)$$

$$d_1 = C_4 - (2,8 KH S_3 + 1,65 A_3 + 0,35 F_3); \quad (4.43)$$

$$a_2 = n(A_1 + F_1) - S_1; \quad (4.44)$$

$$b_2 = n(A_2 + F_2) - S_2; \quad (4.45)$$

$$c_2 = n(A_3 + F_3) - S_3. \quad (4.46)$$

$$d_2 = S_4 - n(A_4 + F_4). \quad (4.47)$$

$$a_3 = pF_1 - A_1; \quad (4.48)$$

$$b_3 = pF_2 - A_2; \quad (4.49)$$

$$c_3 = pF_3 - A_3. \quad (4.50)$$

$$d_3 = A_4 - pF_4 \quad (4.51)$$

Долю каждого компонента в шихте, %, определяют по формулам:

$$\text{компонент1} = \frac{X}{X + Y + Z + 1} 100 \% \quad (4.52)$$

$$\text{компонент2} = \frac{Y}{X + Y + Z + 1} 100 \% \quad (4.53)$$

$$\text{компонент3} = \frac{Z}{X + Y + Z + 1} 100 \% \quad (4.54)$$

$$\text{компонент4} = \frac{1}{X + Y + Z + 1} 100 \% \quad (4.55)$$

Далее расчет производится аналогично расчету двухкомпонентной смеси.

Расчет минералогического состава клинкера

Процентное содержание основных минералов клинкера можно найти расчетным методом исходя из химического состава, выраженного оксидами:

$$\text{Алит} \quad C_3S = 4,07 C_{\text{кл}} - 7,6 S_{\text{кл}} - 6,7 A_{\text{кл}} - 1,42 F_{\text{кл}} \quad (4.56)$$

$$\text{Белит} \quad C_2S = 8,6 S_{\text{кл}} + 5,07 A_{\text{кл}} + 1,07 F_{\text{кл}} - 3,07 C_{\text{кл}} \quad (4.57)$$

При $p > 0,64$:

$$\text{Трехкальциевый алюминат} \quad C_3A = 2,65 A_{\text{кл}} - 1,7 F_{\text{кл}} \quad (4.58)$$

$$\text{Четырехкальциевый алюмоферрит} \quad C_4AF = 3,04 F_{\text{кл}} \quad (4.59)$$

При $p \leq 0,64$:

$$\text{Трехкальциевый алюминат} \quad C_3A = 1,7 F_{\text{кл}} - 2,65 A_{\text{кл}} \quad (4.60)$$

$$\text{Четырехкальциевый алюмоферри} \quad C_4AF = 4,77 A_{\text{кл}} \quad (4.61)$$

Зная минералогический состав клинкера, определяют тип вяжущего.

5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1 Выбор и обоснование технологии производства.

Выбор способа производства осуществляется путем сравнения между собой возможных способов получения данного вяжущего, их недостатков и достоинств. Для этого необходимо провести технико-экономический анализ работы предприятий, применяющих различные технологии и принять способ, который имеет преимущества перед другими. Сравнение рекомендуется вести по следующим показателям: требования к качеству сырьевых материалов и возможность использования местного сырья; удельный расход сырьевых материалов; расход топлива и электроэнергии; производительность и съем продукции с печного агрегата; трудоемкость и возможность комплексной механизации и автоматизации производства; получение продукции высокого качества; улучшение санитарно-гигиенических условий и безопасности труда; решение природоохранных вопросов.

ПРИМЕР:

По способу подготовки сырьевой смеси выделяют 3 способа: мокрый, сухой, комбинированный. Для каждого предприятия с учетом вида сырья может быть выбран тот или иной способ. Принципиальная разница заключается в том, что получение однородной, гомогенной, тонко измельченной смеси достигается различными путями.

Мокрый способ

Сырьевые материалы, поступающие с карьерной влажностью, подлежат первичной переработке: известняк – дроблению, а глина измельчается в валковых дробилках и размучивается в мельницах-мешалках или болтушках. Дробленый (размер зерен 8-10 мм) известняк из бункеров через тарельчатый питатель поступает в шаровую мельницу, глиняный илам закачивается насосом. Шаровая мельница измельчает материал, который содержит 38-42% воды. При помоле необходимо получить смесь с размером зерен менее 80 мкм (остаток на сите 008 – 8-10%).

Достоинства мокрого способа заключаются в следующем:

- *в присутствии воды упрощается процесс помола;*
- *легче достигнуть однородности;*
- *нет предварительной сушки;*
- *надежнее осуществляется транспортировка смеси;*
- *улучшаются санитарно-гигиенические условия.*

Недостатки мокрого способа производства:

- *значительный расход воды обуславливает рост энерго- и теплотрат на обжиг на 30-40%, то есть 5,8-6,7 МДж/кг клинкера расходуется тепла на удаление воды;*
- *возрастает металлоемкость печной установки*

5.2 Технологическая схема

Принятая технологическая схема должна удовлетворять требованиям: поточности и непрерывности производства; компактности и сокращению количества технологического и транспортного оборудования; комплексности механизации и автоматизации производства и отражать последовательность технологических операций, с указанием стрелками направления движения материалов по линии.

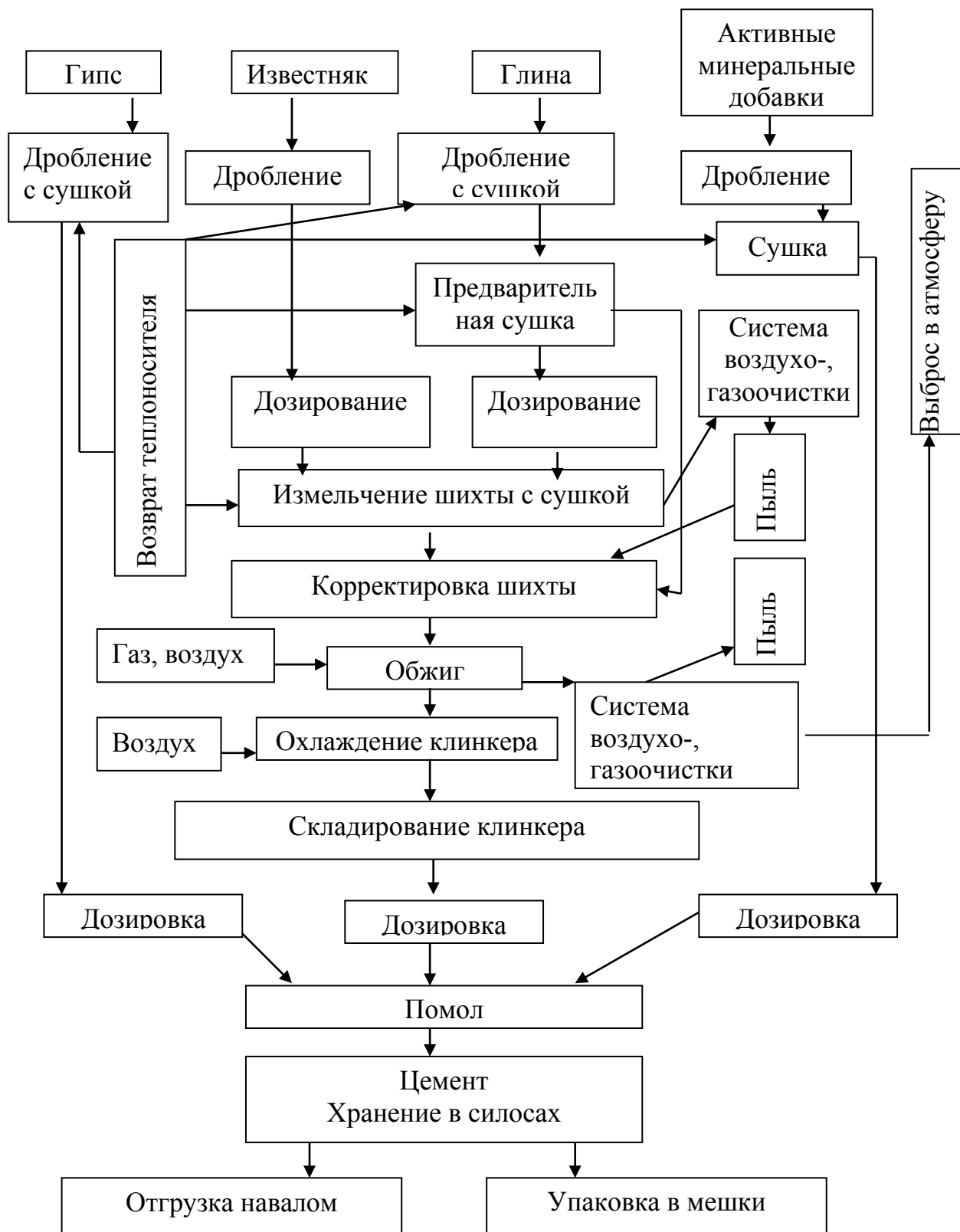


Рис. 5.1. Технологическая схема производства цемента по сухому способу.

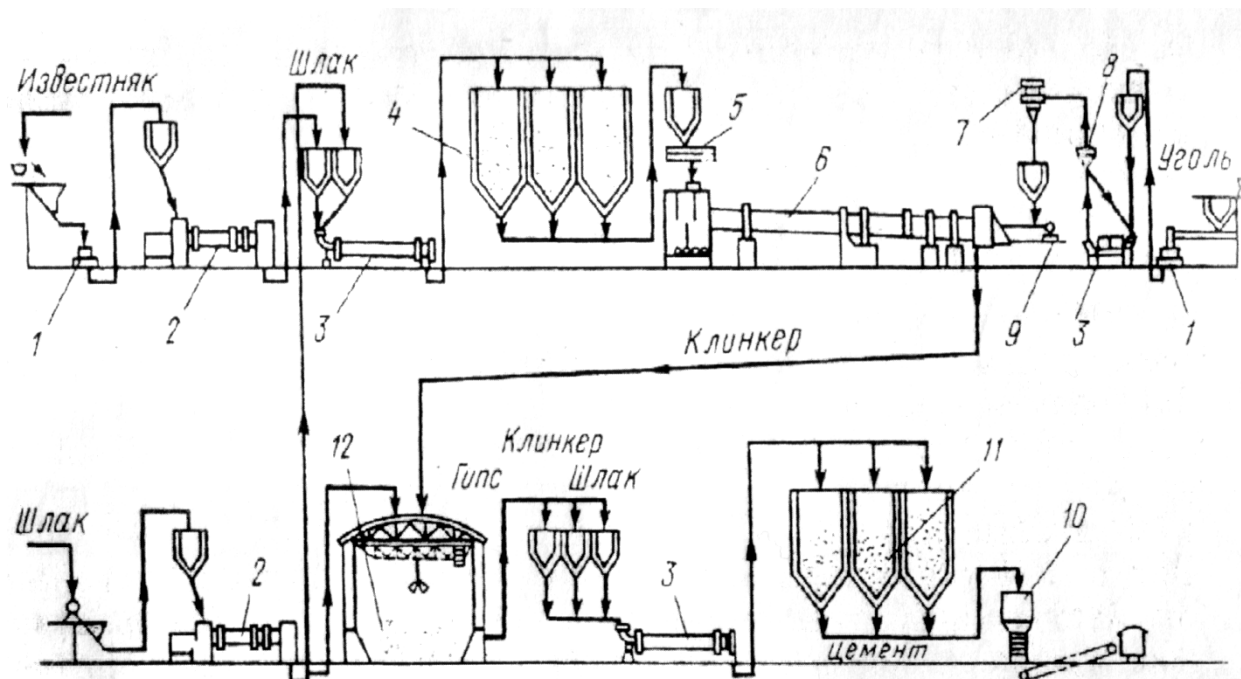


Рис. 5.2. Технологическая схема производства шлакопортландцемента

1 – дробилка; 2 – сушильный барабан; 3 – мельница; 4 – смесительные силосы; смесительный шнек; 6 – вращающаяся печь; 7 – циклон; 8 – сепаратор; 9 – вентилятор; 10 – упаковочная машина; 11 – цементные силосы; 12 – клинкерный склад.

Описание технологической схемы должно быть кратким, носить законченный характер и давать четкое представление о производственном процессе. Главное внимание уделяется назначению технологических операций, обоснованию принятых технологических параметров, а также выбору оборудования. При описании делать ссылки на литературные источники.

5.3 Определение режима работы предприятия.

Режим работы предприятия (цеха) определяется в зависимости от характера производства, мощности и других факторов. Под режимом работы понимается число рабочих дней в году, количество смен в сутки и продолжительности смены в часах, предусмотренных действующим законодательством и характером производства.

Цех обжига, как правило, работает непрерывно в три смены; режим работы других цехов должен быть увязан с режимом работы цеха обжига - цеха сортировки, дробления и помола чаще работают в две смены при условии создания нормативных запасов сырья и продукции.

Различают фонд времени работы предприятия, в соответствии, с которым рассчитывают выпуск продукции, потребность в сырье, топливе и др., и фонд времени работы технологического оборудования, который используется при расчете и выборе оборудования.

При непрерывном режиме работы с остановками только на капитальный ремонт фонд времени работы рассчитывают по формуле:

$$Гф.пр. = (365 - n) * 3 * 8, \text{ час/год}, \quad (5.1)$$

где n – число дней на капитальный ремонт, 15-20 дней.

При двухсменном режиме работы, при прерывной неделе фонд времени работы предприятия составит:

$$Гф.пр. = (365 - m) * 2 * 8, \text{ час/год, } (5.2)$$

где m – число выходных и праздничных дней в году.

Годовой фонд времени работы технологического оборудования с учетом планового ремонта составит:

$$Гф.об. = Гф.пр. * Kисп., \quad (5.3)$$

где $Kисп.$ – коэффициент использования оборудования, 0,85-0,95.

5.4 Расчет материального баланса

Материальный баланс производства (производственная программа) включает определение объема выпускаемой готовой продукции (по видам), потребностей цехов в каждом исходном сырьевом компоненте в расчете на сухое вещество, а также в состоянии естественной влажности в год, сутки и час. Расчет материального баланса ведется на основе указанных в задании производительности предприятия, химического и минералогического состава сырья, состава имеющихся в сырье примесей, естественной влажности компонентов.

Производительность предприятия по готовой продукции определяется по формулам:

$$Псут. = Пгод. / N, \quad (5.4)$$

где $Пгод.$ – заданная готовая производительность, т;

N – количество рабочих дней в году.

$$Псмен. = Пгод. / N * P, \quad (5.5)$$

где P – число смен.

$$Пчас. = Пгод. / Гф.пр. \quad (5.6)$$

Расчет сырьевых материалов для получения вяжущего производится на «сухое вещество», а затем с учетом влажности.

Количество влажности сырья:

$$Пвл. = Псух. * 100 / 100 - W, \quad (5.7)$$

где W – естественная влажность сырья, %.

Величины возможных производственных потерь с учетом их транспортирования:

- | | |
|-----------------------|--------|
| - сырьевых материалов | – 2,5% |
| - клинкера | - 0,5% |
| - добавок | - 1,0% |
| - цемента | - 1,0% |
| - топлива | - 1,0% |

Конечные результаты заносятся в таблицу 5.1.

Таблица 5.1.

Расчет производственной программы.

Наименование материала	Выпуск продукции, т			
	В год	В сутки	В смену	В час
1	2	3	4	5

5.5 Выбор оборудования.

Выбор оборудования осуществляется исходя из потребной производительности для каждой операции по справочникам и каталогам. В данном проекте рассчитывается количество каждого вида оборудования :

$$N_{обор.} = Q_{час.} / P_{пасп.} * K_{исп.}, \quad (5.8)$$

где Q – заданная программа по переработке материалов цеха или передела, т/час (т/сут); Q принимается с учетом производственных потерь полуфабрикатов в процессе всех последующих технологических операций.

$P_{пасп.}$ – паспортная производительность отдельного вида оборудования, Т/час.

$K_{исп.}$ – коэффициент использования оборудования, по нормативам обычно 0,85-0,95 в зависимости от типа машины.

Например:

При расчете сушильных устройств, в частности сушильного барабана, используют величину объемного напряжения – количество влаги (в килограммах), в течение 1 часа испаряемой с 1 м³ сушильного пространства. Величина напряжения изменяется в широких пределах в зависимости от конструкции сушилки и вида подвергаемого сушке материала. Например, напряжение по влаге вращающегося сушильного барабана при сушке угля равно 30-40 кг/м³ час, глины и трепела – 35-45, известняка – 40-50, гипсового камня – 35-40 и гранулированного шлака 40-50 кг/м³ час.

Зная начальную и конечную влажность материала и заданную производительность сушильного цеха, потребную емкость сушильных аппаратов можно определить по формуле:

$$V = \frac{W}{AK_{в}},$$

Где V – объем сушильного пространства аппарата в м³;

W – количество влаги, подлежащей удалению из материала в кг;

A – напряжение сушильного пространства по влаге в кг/м³ час;

$K_{в}$ – коэффициент использования рабочего времени сушильного аппарата, равный 0,7-0,9.

Установив общий объем сушильного, потребный для выполнения заданной программы цеха, и зная объем одного сушильного аппарата, определяют количество единиц потребных сушильных аппаратов.

Расчет оборудования рекомендуется производить в порядке установки отдельных машин в технологическом потоке от подачи сырья до выхода готовой продукции.

Таблица 5.2.

Спецификация оборудования.

№ п/п	Наименование	Тип или марка	Краткая техническая характеристика	Количество, шт.	Мощность электродвигателя, кВт.	Габаритные размеры, мм.
-------	--------------	---------------	------------------------------------	-----------------	---------------------------------	-------------------------

5.6. Расчет емкости складов и бункеров.

Определение емкостей и размеров складов зависит от принятого режима работы предприятия и необходимых нормативных запасов сырья и продукции.

Требуемый объем материалов (для каждого отдельно) составит:

$$V_{mat.} = \frac{Q \cdot n}{T_z}, \quad (5.9)$$

Где $V_{mat.}$ – объем материала на складе, м³;

Q – годовой расход материала, м³;

T_z – число рабочих дней в году;

n – нормы общего запаса в сутки.

При доставке сырья железнодорожным транспортом – запас сырья на 15 дней, автотранспортом – до 5 дней.

Склады сырья, поступающего на завод, могут быть штабельные и траншейные.

Определив необходимый запас сырья, м³, и задавшись высотой, определяют необходимую площадь склада. Высота принимается 10-12 метров в зависимости от типа и механизма склада.

Емкость складов готовой продукции может зависеть от необходимости вылеживания вяжущего до отправки его потребителю. Рекомендуется проектировать склад силосного типа. Силосные склады - железобетонные цилиндрические емкости с одним или двумя разгрузочными отверстиями.

Для железобетонных силосов унифицированы следующие диаметры 6, 10, 12, 15, 18 м с вместимостью одного силоса соответственно: 600, 2400, 4500, 6000, 9000 т (таблица 5.5).

Отношение высоты к диаметру должно быть не менее 1,5. Для расчета можно принимать силос высотой 20 м и диаметром 12 м.

Объем силосного склада в м³, для каждого компонента составляет:

$$V_c = P_{год.} \cdot C_n / 365 \cdot \rho_{нас.} \cdot K_z, \quad (5.10)$$

Где: $P_{год.}$ – производительность завода по годовой продукции, т/год;

C_n – число суток нормированного запаса (таблица 5.3);

$\rho_{нас.}$ – насыпная плотность материала, т/м³ (таблица 5.4);

K_z – коэффициент заполнения силоса, обычно принимаемый 0,9.

Таблица 5.3

Срок запаса материалов

Материал	Единицы измерения	Норма запаса
Склады		
Основного сырья (карбонатного и глинистого)	сутки	Не менее 3
Гипсового камня, гидравлических добавок, шлака и поверхностно-активных веществ	сутки	30
Клинкера	сутки	4 - 10

Цемент	сутки	10 - 20
Б у н к е р а		
Букер сырья перед дробилками	часы	3 - 5
Бункера перед сырьевыми мельницами	часы	5 - 7
Бункера перед мельницами помола	часы	1,5 - 2
Бункера перед пневматическими насосами	часы	0,1 – 0,2
Силосы сырьевой муки	сутки	не менее 4
Горизонтальные шлам-бассейны	сутки	не менее 3

Таблица 5.4

Характеристика материалов.

Материал	Насыпная плотность, т/м ³	Угол естественного откоса, град
Известняк крупный	1,6 – 1,8	45 - 50
Известняк дробленный, сортированный	1,4 – 1,6	45
Известняк - мелочь	1,2 – 1,4	45 - 50
Комовая известь	1,0 – 1,1	40 - 45
Известь мелкодробленая	0,8 – 1,0	40 - 45
Известь молотая	0,5 – 0,9	35 - 40
Кокс	0,4 – 0,6	40
Уголь тощий и антрацит	0,7 – 1,0	45
Песок: сухой	1,2 – 1,3	35
влажный	1,4 – 1,6	40 - 45
Сухая мелкокусковая глина	1,4 – 1,6	50
Шлаки доменные, сухие	0,6 – 0,8	35
Портландцемент	1,3 – 1,45	43
Пуццолановый портландцемент	1,2	43
Шлакопортландцемент	1,15-1,3	43
Строительный гипс	1,2 – 1,3	43
Клинкер	1,5 – 1,65	43
Сырьевая мука	0,85	48-50
Сырьевая мука, содержащая шлак в качестве глинистого компонента	0,94	51
Гипсовый камень (куски более 100 мм)	1,45	30
Гипсовый камень мелкокусковой	1,35	40
Зола сухая	0,4 – 0,7	55

Таблица 5.5

Рекомендуемые размеры и емкости силосов.

Диаметр силоса, м.	Высота цилиндрической части силоса, м.	Полезная емкость силоса, куб. м .
6,0	21,5	500
6,0	31,2	750
12,0	19,8	1700
12,0	33,0	3000

Промежуточные склады для хранения полуфабрикатов:

Шлабассейны служат для корректирования (вертикальные бассейны) и хранения (горизонтальные бассейны) шлама при мокром и комбинированном способах производства цемента.

Вертикальные шлабассейны представляют собой установленные на колоннах цилиндрические железобетонные или металлические резервуары вместимостью 400 – 1200 м³, нижняя часть которых выполнена в виде конуса. Полезный объем такого бассейна можно определить по формуле:

$$V_n = \frac{\pi D^2}{4} \left(H + \frac{D}{6} \right) \eta \quad (5.11)$$

где: D – внутренний диаметр бассейна, м;

H – высота цилиндрической части бассейна, м;

η - коэффициент заполнения бассейна, принимается равным 0,9.

Диаметр вертикального шлабассейна 6 – 12 м, высота 10 – 22 м. Отношение высоты цилиндрической части к диаметру примерно 2:1.

Расчет потребности числа вертикальных бассейнов производится по формуле:

$$N_{\text{в}} = N_1 + N_2 \quad (5.12)$$

Где: N_1 – число бассейнов, необходимое для бесперебойного приема шлама от сырьевых мельниц;

N_2 – число бассейнов для корректирующих шламов, принимается 2-3 бассейна.

$$N_1 = \frac{V_c * t_o}{V_n} + 0,85 \quad (5.13)$$

где: V_n – полезный объем одного бассейна, м³;

V_c – суммарная производительность сырьевых мельниц, м³/ч;

t_o - время, необходимое для обработки шлама (перемешивание, анализ, корректирование и т.п.), ч (при расчетах можно принять 5-6 часов).

Количество вертикальных шлабассейнов зависит от производительности и колеблется в пределах 6 – 10 штук.

Для усреднения и хранения шлама применяются круглые шлабассейны, снабженные мешалками и смесителями карусельного типа: СМЦ-448; СМЦ-424.1; СМЦ-432. Вместимость бассейнов 2500, 8000, 20000 м³ и диаметром соответственно 25, 35, 45 м.

Глубина (высота) шламбассейнов составляет 6 – 8 м.

Количество *горизонтальных шламбассейнов* (N_{Γ}) при наличии вертикальных бассейнов определяется по формуле:

$$N_{\Gamma} = \left(\frac{A_k * P_y * C_n}{365 * K_u} \right) / V_{\Gamma} \quad (5.14)$$

Где: V_{Γ} – полезный объем одного горизонтального бассейна, м^3 ;

A_k – производительность завода по клинкеру, т/год;

P_y – удельный расход сырьевой смеси на 1 т клинкера;

C_n – нормативный запас шлама, сут;

K_u – коэффициент использования вращающихся печей.

Силоса сырьевой муки предназначены для корректирования и хранения сырьевой муки. Диаметр смесительных силосов рекомендуется принимать от 6 до 12 м, при этом соотношение диаметра и высоты (D/h) при пневматическом перемешивании должно составлять от 0,8 до 1,5 м. Количество смесительных силосов, рекомендуемых к установке 6 – 8, запасных 4 – 6 шт.

Число коррекционных силосов определяется по формуле:

$$n = \frac{V_c * t}{P_n * 0,8V} + 0,8 \quad (5.15)$$

где: V – полезный объем одного силоса, м^3 ;

V_c – суммарная производительность сырьевых мельниц, т/ч;

t – время, необходимое для обработки сырьевой муки, ч (при расчете можно принять 1,5 и 3 ч соответственно для силосов диаметром 12 и 18 м);

P_n – насыпная плотность сырьевой муки, $\text{т}/\text{м}^3$

Емкость *расходных бункеров* ($V_{\text{бун.}}$) рассчитывается на 2-4 часовую производительность аппаратов, перед которыми они установлены:

$$V_{\text{бун.}} = P_{\text{ап.}} * T / \rho_{\text{о нас.}} * K_{\text{нап.}}, \quad (5.16)$$

Где $P_{\text{ап.}}$ – производительность аппарата, т/час.

T – время запаса, час.

$\rho_{\text{о нас.}}$ – насыпная плотность материала, $\text{т}/\text{м}^3$.

$K_{\text{нап.}}$ – коэффициент наполнения бункера, 0,85-0,90.

Как правило, перед дробилками, сушильными барабанами и мельницами устанавливаются металлические или железобетонные бункеры.

5.7 Расчет потребности в энергоресурсах

Расчет потребляемой электроэнергии производится на основании данных по каждому виду оборудования, и может быть представлен по форме, указанной в таблице 5.6.

Таблица 5.6.

Потребность предприятия в электроэнергии.

№ п/п	Наименование оборудования с электро- двигателем	Коли- чество единиц оборудо- вания	Мощность электродвига- теля, кВт.		Продолжи- тельность работы в смену (час)	Коэффи- циент использо- вания смены	Коэффи- циент загружен- ности по мощности	Потребляемая электроэнергия с учетом коэффициента использования и загружен- ности по мощности
			Еди- ницы	Общая				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Итого:	-	-	+	-	-	-	+

Знак «плюс» в итоговой графе означает, что по этой колонке должен быть подсчитан суммарный результат.

В данном ориентировочном расчете потребности цеха в электроэнергии коэффициент загрузки по мощности связан с использованием технической производительности оборудования. Этот коэффициент должен определяться расчетно. В случаях, когда расчет затруднен, его величина может быть принята следующая по группам оборудования (при работе в течение смены):

а) оборудование технологическое и непрерывно действующее (шаровые мельницы, дробилки, печи обжига, вентиляторы и т.д.) – 0,8-0,9;

б) оборудование периодического действия (дозаторы, варочные котлы периодические и т.д.) – 0,5-0,6;

в) оборудование транспортное, непрерывно действующее (элеваторы, конвейеры, шнеки и т.д.) – 0,8-0,9;

г) оборудование транспортное и грузоподъемное повторно-кратковременного режима (краны и кран-балки, лебедки, скиповые подъемники и т.д.) – 0,3-0,4.

Потребляемую мощность получают умножением мощности каждого электродвигателя на коэффициент загрузки и использования во времени.

Годовой расход электроэнергии (Эгод.) определяется как сумма энергозатрат – итоговый результата последней колонки таблицы 5.6.

Удельный расход электроэнергии на товарную единицу продукции составляет:

$$\text{Эуд.} = \text{Эгод.} / \text{Пгод.}, \quad (5.17)$$

Где Пгод. – годовая производительность по основному виду продукции, т.

5.8. Компонировка поточной линии производства

При компоновке линии студент должен создать условия для эффективности работы оборудования. Размещение осуществляют в унифицированных пролетах шириной 18 или 24 метра с шагом колонн равном, как правило, 6 или 12 метров (приложение 9).

Производственный процесс должен протекать без возвратных движений и пересечений.

6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ.

В курсовом проекте рассчитывается трудоемкость выработки продукции, производительность труда, энерговооруженность, сьем продукции на 1м² производственной площади, которые определяются мощностью предприятия и технологией производства.

Для расчета необходимо знать штатную ведомость предприятия, которая отражена в типовых проектах. В штатной ведомости приводится явочный состав производственных рабочих и цехового персонала, обслуживающих технологическое оборудование и выполняющих производственные операции.

К составу производственных рабочих относят всех лиц, непосредственно управляющих технологическим процессом: машинистов дробилок, мельниц, обжигальщиков и др., а также дежурных слесарей, монтеров, рабочих складов сырья готовой продукции.

В состав цехового персонала входят: начальник цеха, старшие и сменные мастера, младший обслуживающий персонал.

Данные по потребности в рабочей силе сводятся в таблицу 6.1.

Таблица 6.1

Штатная ведомость предприятия.

№ п/п	Профессия рабочего	Количество рабочих в смену	Длительность смены	Количество дней в сутки	Количество рабочих в сутки
1	2	3	4	5	6

Трудоемкость производства продукции определяют делением годового количества человеко-часов на годовую производительность предприятия по основному виду продукции.

Производительность труда – это количество продукции, приходящейся в год на одного списочного рабочего, в натуральном или ценностном выражении.

$$Пт = П_{год} / Kc, \quad (6.1)$$

Где Kc – списочное количество рабочих.

Энерговооруженность – мощность в кВт всех электродвигателей технологического оборудования, отнесенная к 1 рабочему.

Объем продукции с 1 м (С) производственной площади составляет:

$$C = П_{год} / S, \quad (6.2)$$

Где S – суммарная площадь производственных помещений на всех уровнях, м².

Таблица 6.2.

Основные технико-экономические показатели.

№	Наименование показателей	Ед. измерения	Количество	Примечание
1	2	3	4	5

7. КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА И КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Продукция проектируемого предприятия должна соответствовать требованиям действующих стандартов и технических условий. Необходимо описать технический контроль на всех стадиях производства: входной контроль сырьевых материалов, текущий пооперационный контроль и контроль за качеством готовой продукции.

Приводятся данные о функциях заводской лаборатории, отдела технического контроля.

Результаты по организации контроля сводятся в таблицу 7.1.

Таблица 7.1

Технический контроль производства.

Технологический передел, продукция	Контролируемые характеристики	Место контроля	Периодичность	Метод контроля
1	2	3	4	5

8. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ, ОХРАНЕ ТРУДА И ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

Перечисляются основные мероприятия по охране труда и технике безопасности на отдельных рабочих местах с учетом требований санитарных норм при проектировании промышленных предприятий.

В данном разделе необходимо отразить мероприятия по защите окружающей среды, что чрезвычайно актуально для предприятий стройиндустрии (вопросы обеспыливания и др.).

Пояснительная записка завершается списком использованной литературы, который составляется в порядке использования или в алфавитном порядке. Указывается фамилия авторов, полное название книги, издательство, место и год издания, страницы. При ссылке на журнальные публикации необходимо, помимо вышеперечисленного, указать полное название статьи и номер журнала.

Библиографический список

1. Берней И.И., Колбасов В.Н. Технология асбестоцементных изделий. – М.: Стройиздат, 1985. – 398с.
2. Боженов П.И. Технология автоклавных материалов. – Л.: Стройиздат, 1978. – 267с.
3. Бутт И.В., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1980. – 526с.
4. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. - М.: Стройиздат, 1986. – 463с.
5. Волженский А.В., Ферронская А.В. Гипсовые вяжущие изделия. – М.: Стройиздат, 1974. – 328с.
6. Воробьев Х.С. Гипсовые вяжущие изделия. – М.: Стройиздат, 1983. – 200с.
7. Горчаков Г.И., Мурадов Э.Г. Основы стандартизации и управлением качеством продукции промышленности строительных материалов. – М.: Высшая школа, 1987. – 332с.
8. Дуда В. Цемент. – Пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1981. – 462с.
9. Кравченко И.В., Кузнецова Т.В., Власова М.Т., Юдович Б.Э. Химия и технология специальных цементов. – М.: Стройиздат, 1979. – 208с.
10. Краткий справочник технолога цементного завода. – М.: Стройиздат, 1974. – 303с.
11. Монастырев А.В. Производство извести. – М.: Высшая школа, 1971. – 270с.
12. Сапожников М.Я., Дроздов М.Е. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1970.
13. Справочник по проектированию цементных заводов / Под ред. Данюшевского С.И. – Л.: Стройиздат, 1969.
14. Строительные материалы: Справочник / А.С. Болдырев, П.П. Золотов, А.П. Люсов и др.; Под ред. А.С. Болдырева. – М.: Стройиздат, 1989. – 567с.
15. Строительные машины: Справочник. Т.2. – М.: Машиностроение, 1977.
16. Хавин Л.М. Технология силикатного кирпича. – М.: Стройиздат, 1982. – 382с.

Федеральное агентство по профессиональному образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального
образования
ТЮМЕНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ
АКАДЕМИЯ

Кафедра «Строительные материалы»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К курсовому проекту по дисциплине «Вяжущие вещества» на тему:

Проектировал студент
_____ группы

(номер группы)

(подпись, Ф.И.О.)

(дата)

Проект защищен с оценкой _____

Комиссия:

(подпись, Ф.И.О.)

(подпись, Ф.И.О.)

(дата)

Тюмень, 200__

Химический состав сырьевых компонентов

№ вар.	Модули			Наименование материала	Содержание оксидов, %						
	КН	n	p		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.
1	0,9	2,3	-	Известняк	0,67	1,15	0,47	54,15	0,47	0,12	42,88
				Глина	72,79	14,98	3,65	2,71	1,75	0,29	2,83
				Колчеданные огарки	13,87	1,44	78,35	2,1	0,22	3,1	0,8
2	0,9	-	-	Акмянский известняк	3,19	0,75	0,56	51,91	1,56	0,41	41,45
				Глина	47,17	12,84	6,85	9,94	3,85	0,14	17,76
3	0,88	2,2	-	Известняк маложелезистый	2,76	0,18	0,10	52,63	2,29	-	42,76
				Каолин	66,92	21,25	1,35	1,06	0,76	0,07	8,76
				Песок	94,02	1,98	0,22	1,57	0,75	-	1,04
4	0,9	-	-	Известняк	7,76	2,39	0,98	49,51	0,72	0,15	38,30
				Глинистые сланцы	58,51	12,52	8,59	5,76	4,29	1,55	6,29
5	0,91	2,3	-	Известняк	7,31	1,55	0,73	47,87	1,87	0,63	39,45
				Глина-шлам	51,74	12,58	4,78	9,81	4,72	0,58	12,78
				Колчеданные огарки	14,72	2,37	73,03	1,15	0,43	4,69	-
6	0,95	-	-	Мел	4,74	0,52	4,76	52,28	0,23	0,26	41,30
				Брянская глина	61,42	14,64	6,42	3,91	1,80	1,81	8,95
7	0,92	-	-	Серебряков мел	2,05	0,70	0,33	54,15	0,39	-	42,40
				Серебрякова глина	56,57	13,64	6,36	6,80	2,63	0,1	11,24
8	0,9	-	-	Известняк	1,77	1,17	0,74	53,64	0,96	-	41,75
				Глина	64,73	14,60	7,28	2,37	4,00	1,2	5,82
9	0,93	2,2	-	Красная глина	71,52	16,96	3,23	1,93	1,31	0,02	5,03
				Серая глина	47,71	15,20	11,50	7,77	1,36	0,35	16,11
				Известняк	4,32	1,38	0,78	51,19	0,08	0,36	40,45
10	0,9	2,2	-	Известняк	3,11	0,62	0,29	53,79	0,37	-	41,82
				Глина	64,73	14,60	7,28	2,37	5,20	-	5,82
				Колчеданные огарки	15,93	4,14	71,17	3,17	5,59	-	-
11	0,91	-	-	Известняк	3,11	0,62	0,29	53,79	0,37	-	41,82
				Глина	64,73	14,60	7,28	2,37	4,9	0,3	5,82
12	0,9	2,5	-	Известняк	2,16	0,63	0,68	53,95	-	-	42,58
				Глина	64,04	11,36	5,46	5,95	4,00	1,23	7,96
				Огарки	13,66	4,92	73,13	2,30	4,90	1,09	-
13	0,9	2,2	-	Известняк	0,58	0,22	0,42	55,14	0,50	0,26	42,90
				Глина	47,71	15,20	11,50	7,77	1,00	0,71	16,11
				Маршалит	75,98	4,74	3,40	7,71	3,00	1,41	3,76

№ вар.	Модули			Наименование материала	Содержание оксидов, %						
	КН	n	p		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.
14	0,9	2,2	-	Известняк	1,77	1,17	0,74	53,61	0,2	0,76	41,75
				Глина	64,73	14,60	7,28	2,37	3,2	2,00	5,82
				Трепел	81,04	7,00	2,14	3,45	1,0	0,1	5,36
15	0,9	-	-	Мергель I	21,32	14,14	1,64	39,32	0,75	-	32,62
				Мергель II	33,20	8,22	4,90	27,30	1,02	0,37	24,59
16	0,9 2	-	-	Алексеевский мел	13,59	2,57	1,94	44,86	0,95	0,19	35,81
				Алексеевская опока	76,81	7,48	5,55	2,26	1,86	0,26	5,49
17	0,89	-	2,9	Известняк	3,37	0,17	0,11	52,46	2,00	-	41,40
				Каолин	61,72	22,54	2,66	1,59	0,52	0,27	9,64
				Песок	94,02	1,98	0,22	1,57	0,75	-	1,04
18	0,93	-	-	Известняк	4,74	2,00	0,36	51,30	0,30	0,16	40,86
				Глина	60,10	18,00	8,20	2,80	1,20	1,20	6,40
19	0,9	-	2,87	Известняк	1,93	0,14	0,21	53,24	2,20	-	42,48
				Каолин	67,92	20,91	1,88	0,25	0,92	-	8,20
				Песок	94,02	1,98	0,22	1,57	0,75	-	1,04
20	0,87	2,4	-	Известняк	1,44	0,67	0,13	53,43	1,68	0,75	41,60
				Каолин	66,16	21,68	1,12	1,13	1,24	0,41	7,80
				Песок	94,02	1,98	0,22	1,57	0,75	-	1,04
21	0,92	-	-	Известняк	4,91	1,28	0,66	51,55	0,63	0,21	40,76
				Глина	52,30	24,70	6,10	4,40	1,10	0,8	10,40
22	0,86	-	2,93	Известняк	2,36	0,63	0,17	52,56	1,15	0,41	42,16
				Каолин	66,96	22,01	0,78	1,16	0,42	-	9,08
				Песок	94,02	1,98	0,22	1,57	0,75	-	1,04
23	0,9	-	-	Известняк	6,75	0,71	1,47	49,80	1,48	1,10	39,65
				Глина	62,56	15,77	4,47	4,80	1,38	1,8	8,67
24	0,91	-	2,95	Известняк	5,68	0,56	0,22	51,39	1,47	-	40,88
				Глина	66,60	23,68	1,72	0,29	0,84	0,29	6,64
				Песок	94,02	1,98	0,22	1,57	0,75	-	1,04
25	0,91	-	-	Известняк	3,76	1,10	0,66	52,48	1,22	0,11	40,38
				Глина	67,29	8,97	4,28	7,27	1,97	0,32	7,19
26	0,9	-	-	Ангренский известняк	5,32	0,83	1,42	51,06	1,36	0,61	39,54
				Ангренский лесс	51,66	11,75	4,47	12,26	2,67	0,35	12,98
27	0,88	2,3	-	Известняк	1,9	0,65	0,42	53,96	0,47	0,02	42,2
				Сланец	59,8	18,75	8,09	3,35	3,64	0,19	6,77
				Трепел	60,3	16,85	6,11	0,8	2,22	1,66	8,77
28	0,94	-	-	Известняк	1,77	0,47	0,3	53,51	0,76	0,05	42,69
				Глина	66,43	19,5	4,37	3,4	0,29	0,9	4,99
29	0,9	-	-	Известняк	3,68	1,09	0,51	52,65	0,57	0,27	42,5
				Суглинок	68,2	15,8	4,7	4,5	1,2	0,2	6,2

№ вар.	Модули			Наименование материала	Содержание оксидов, %						
	КН	n	p		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.
30	0,92	2,5	-	Известняк	0,63	0,28	0,55	54,2	0,78	0,78	43,0
				Глина	60,0	16,0	6,06	4,1	2,8	0,2	11,0
				Диатомит	82,56	4,43	2,86	1,9	0,76	0,02	6,59
31	0,89	-	-	Известняк	4,0	1,04	0,02	52,27	2,4	-	39,73
				Глина	54,2	14,42	5,75	7,93	2,69	0,4	10,75
32	0,9	-	-	Известняк	0,3	0,26	0,42	55,4	0,44	-	43,0
				Глина	53,97	16,42	7,14	2,85	2,17	0,32	8,2
33	0,91	2,4	-	Известняк	3,5	0,85	0,58	51,8	0,85	-	41,3
				Глина	58,25	18,13	8,15	2,66	1,5	0,4	11,47
				Опока	75,02	10,08	4,81	1,92	0,79	0,23	5,04
34	0,92	2,5	-	Известняк	0,25	0,3	0,02	52,84	3,0	0,05	43,0
				Глина	58,0	19,45	8,0	3,64	1,25	0,96	4,9
				Трасс	74,4	11,1	1,1	2,8	0,9	-	11,8
35	0,88	-	-	Известняк	5,37	2,22	0,86	37,0	13,57	-	42,0
				Суглинок	62,43	14,85	5,02	2,0	3,64	1,89	4,13

Таблица 2.

Химический состав минеральных добавок

№	Наименование материала	Содержание оксидов, %						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.
1	Нефелиновый концентрат	28	3	3	55	-	-	-
2	Зола	33,64	8,29	14,0 5	35,99	3,45	1,08	0,5
3	Шлак	33,39	6,22	41,18	16,14	2,3	-	-
4	Феррохромовый шлак	28,5	5,3	0,78	46,0	11,2	0,16	3,24
5	Шабровский флотированный тальк	58,65	0,87	3,65	0,19	32,5	7,06	-
6	Миасский тальк	55,3	0,43	7,3	0,19	28,5	5,3	-

Оборудование для дробления

При выборе дробилок следует руководствоваться: максимальными размерами кусков загружаемого материала; плотностью; прочностью при сжатии; сопротивляемостью дроблению горной породы.

По технологическим нормам максимально допустимый линейный размер кусков материала в зависимости от типа дробилки составляет:

Тип дробилки и размер приёмного отверстия, мм	Допустимый размер куска, мм	линейный
<i>Конусная</i> 500	400	
900	750	
1200	1000	
1500	1200	
<i>Щековая</i> 1200×900	700	
1500×1200	1000	
2100×1500	1200	

Один из основных показателей, характеризующих работу дробильной установки – степень дробления. При выборе и обосновании типа дробильного агрегата следует руководствоваться данными табл. 3.

Таблица 3.

Тип дробилки	Степень дробления
Щековая	3,0 – 3,5
Конусная крупного дробления	3,0 – 3,5
Конусная среднего дробления	3,5 – 4,0
Конусная мелкого дробления	4,0 – 5,0
Молотковая, роторная, молотковая самоочищающаяся	8,0 – 12,0
Ударно-отражательная	15 – 20 и более
Валковая	3,0 – 4,0

Примечание: * - при дроблении плотных кристаллических пород высокой прочности принимаются нижние пределы, средней прочности – верхние.

** - при влажных и глинистых породах степень дробления снижается на 20-30%.

На рис. 1 и 2 приведены схемы дробилок. Характеристики и паспортные данные серийно выпускаемых дробилок приведены в табл. 4 – 9.

Возможно применение современных дробильных установок при наличии соответствующей ссылки на литературный источник.

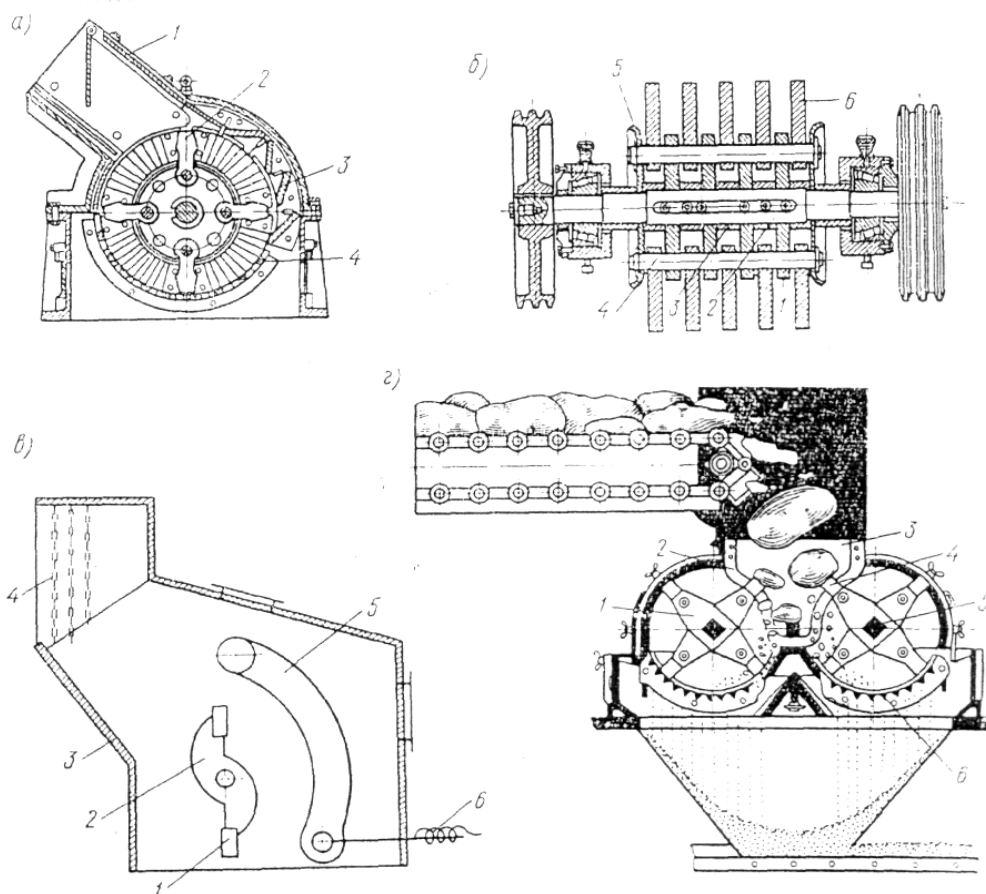


Рис. 1. Молотковые дробилки

а, б – однороторные многорядные; в – однороторные с жестко закрепленными молотками; г – двухроторная.

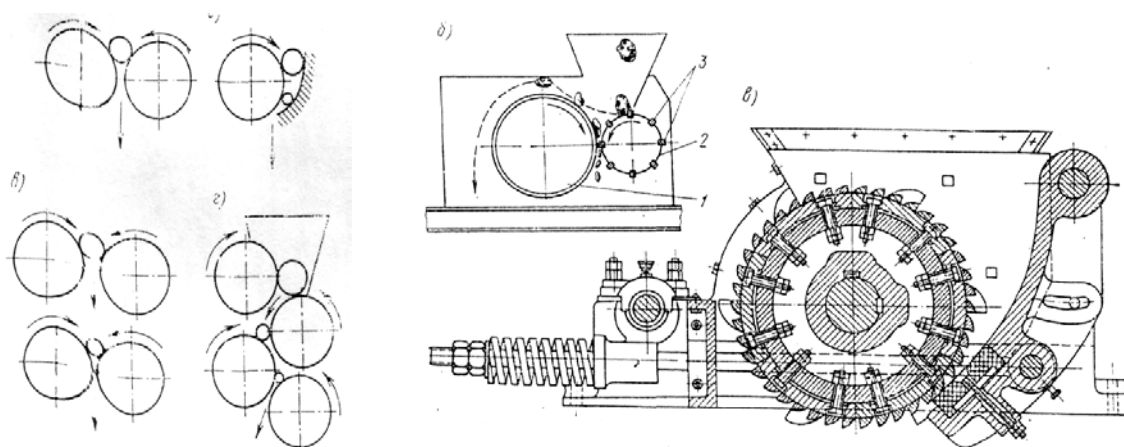


Рис 2. Валковые дробилки

Таблица 4.

Выбор дробилок по виду сырья

Сырьевые материалы	Прочность при сжатии $R_{сж}$, МПа	Тип дробилки		
		1-ая стадия	2-ая стадия	3-я стадия
Кристаллический известняк, мрамор особо твердые	100-180	Щековая	Молотковая, конусная	Конусная, молотковая
Твердые известняки, мергели	50-100	Конусная	Молотковая, конусная	Конусная, молотковая
Известняк-ракушечник	20-60	Самоочищающаяся молотковая	-	-
Твердые трепел, опока, туф	30-50	Самоочищающаяся молотковая	-	-
Мягкие трепел, опока, туф	15-30	Валковая, Самоочищающаяся молотковая	-	-
Глина и мел	2-6	Самоочищающаяся молотковая	-	-

Таблица 5.

Техническая характеристика щековых дробилок.

Показатели	Ед. изм.	Типы дробилок		
		1500*2100*180	1200*1500*150	600*900
Ширина загрузочной щели	мм	1500	1200	600-900
Ширина разгрузочной щели	мм	180	150	75-200
Производительность	мм	500	280	42-110
Установочная мощность электродвигателя	кВт	250	160	75

Таблица 6.

Техническая характеристика конусных дробилок

Показатели	Дробилки				
	крупного дробления				среднего дробления
	ККД 500/75	ККД 900/160	ККД 1200/150	ККД 1500/180	КСД 2200-Б
Ширина загрузочного отверстия	500	900	1200	1500	350
Ширина разгрузочной щели, мм	75	160	150	180	30-60
Производительность, т/ч	140	450	1250	2000	875-1450
Мощность привода	125	500	400	620-700	250

Таблица 7.

Техническая характеристика молотковых дробилок.

Показатели	Ед. изм.	Типы дробилок		
		СМ-19А	СМ-170Б	ДМРЭ-17*145
Размер загрузочных кусков	мм	80-300	до 400	600
Размер кусков после дробления	мм	0-25	до 10	20-180
Производительность	т/час	35-150	до 200	150-500
Мощность электродвигателя	кВт	130	до 260	400

Таблица 8.

Техническая характеристика ударно-отражательных дробилок.

Показатели	Дробилка типа				
	СМ-624	С-643	С-687	С-616	С-691
Производительность, м ³ /ч	50	100	150-200	До 35	До 100
Наибольший размер загружаемых кусков, мм	400	600	800	400	560
Размер кусков после дробления, мм	25; 45; 60	45; 60; 85	60; 85; 120	До 10 (70%)	До 25 (80%)
Мощность электродвигателя, кВт	40	75	100	85	150

Используют для дробления малоабразивных пород с пределом прочности до 150 МПа, отличаются высокой степенью измельчения.

Таблица 9.

Техническая характеристика дробилок для мягких материалов

Показатели	Молотковая ДМУ 21*19	Валковая	
		ДО 1200*2100	ДО 1300*2700-62
Производительность, т/ч	500	80	До 200
Размер поступающих кусков, мм	350	250*1000*2000	250-300*250
Размер выходящих кусков, мм	0-25	200	200
Мощность, кВт	400	28	55

В зависимости от свойств исходного сырья можно использовать валковые дробилки с гладкой, зубчатой, рифленной и ребристой поверхностью валов.

Оборудование для тонкого измельчения – помола

Выбор схемы помола и типа мельниц зависит от физико-механических свойств размалываемого материала. Помол сырьевых материалов осуществляют по сухому и мокрому способам.

Для эффективной работы помольной установки устанавливают: размер загружаемых кусков материала; степень загрузки мелющих тел; скорость измельчения; количество камер. Удельный расход электроэнергии на помол: известняка – 54-83 МДж/т; мела и глины – 32-50 МДж/т; клинкера – 100-110 МДж/т. Повышение эффективности помола может быть реализовано использованием наклонных перегородок.

Помол сырьевых материалов в основном производится по открытому циклу. Общая производительность мельницы для помола сырья должна превышать потребность печных агрегатов на 15-20%.

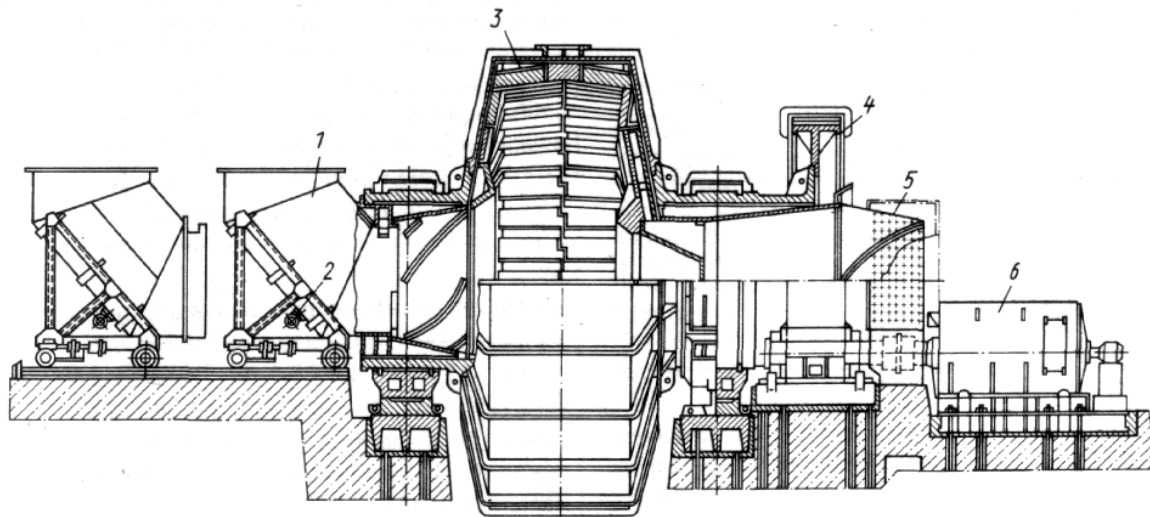


Рис. 3. Мельница самоизмельчения материалов типа «Гидрофол»

1 – загрузочная воронка; 2 – вибратор; 3 – барабан мельницы; 4 – зубчатый венец; 5 – грохот; 6 – электродвигатель.

«Гидрофол» ММС 70-23 является основным агрегатом по предварительному измельчению и размучиванию мягких сырьевых пород при мокром способе производства цемента.

Благодаря высокой производительности и надежности в эксплуатации мельницы «Гидрофол» нашли широкое применение на ряде действующих заводов (заменяют схему с использованием валковых дробилок и глиноболтушек).

Основные параметры мельниц самоизмельчения: 3х1,06; 5х1,8; 7х2,3; 9х3,2; 10,5х3,8.

Ориентировочная производительность (по сухому материалу), т/час:

$$П = C D^{2,5} L^{2,6}$$

Где C – коэффициент пропорциональности, 1,8 – 2,5;

D – диаметр, м;

L – длина, м.

Технические характеристики мельницы ММС 70-20 приведены в таблице 10.

Таблица 10.

Показатели	Значения
Внутренний диаметр без футеровки, мм	7 000
Длина цилиндрической части, внутренняя, мм	2 300
Частота вращения барабана, об/сек	0,21
Производительность, т/ч	
- сухого материала	до 600
- глина + мел	400
Крупность кусков загружаемого материала, мм	до 800
Мощность электродвигателя, кВт/ч	1600
Удельный расход электроэнергии на 1 т материала	2,65

После помола в мельнице и отделения крупных частиц на гидроклассификаторе около 50% шлама поступает на вторую стадию измельчения в трубную шаровую мельницу.

Стержневая мельница предназначена для мокрого помола при двухстадийном помоле. Конструктивно стержневая мельница отличается от трубной мелющими телами – используются стержни диаметром 50-100 мм и длиной на 100-150 мм короче длины камеры.

Сухой помол производится в большинстве случаев в мельницах работающих по замкнутому циклу, с одновременной сушкой сырья. Для сушки следует использовать тепло отходящих газов с вращающихся печей (на 2-3 мельницы проектируют одну топку на случай остановки печи). Мельницы для помола по сухому способу с одновременной сушкой материала характеризуются помольной и сушильной производительностью. Сушильная производительность определяется количеством испаряемой влаги, а помольная – количеством материала, измельчаемого до определенной тонкости в единицу времени. Измельченные частицы потоком газов, скорость движения которого 20-25 м/сек и температура 400-600 °С на входе и 80°С на выходе, выносятся из мельницы и, проходя через сепаратор, разделяются на крупные и мелкие. Крупные фракции возвращаются в мельницу, мелкие осаждаются в циклонах и фильтрах и как готовый продукт направляются в силосы сырьевой муки.

Мельница «Аэрофол» марки СММ-46 9,7х3,32 предназначена для предварительного измельчения и сушки сырьевых материалов с влажностью до 20% при сухом способе производства. Технические характеристики мельницы представлены в таблице 11.

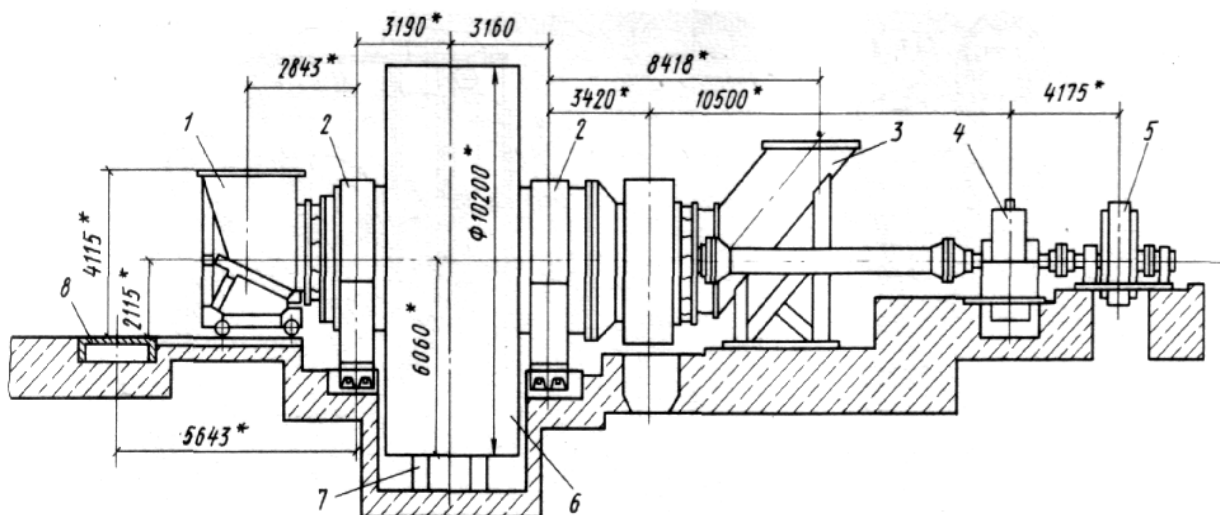


Рис. 4. Мельница самоизмельчения материалов типа «Аэрофол»
 1- загрузочная часть; 2 – подшипники; 3 – разгрузочная часть; 4 – редуктор; 5 – электродвигатель; 6 – барабан мельницы; 7 – приспособление для подъема барабана мельницы; 8 – приспособление для подъема загрузочной части.

Характеристики мельницы сухого самоизмельчения «Аэрофол» СМ-46

Таблица 11.

Показатели	Значения
Наружный диаметр, мм	9700
Длина, мм	3200
Частота вращения барабана об/мин	до 0,2
Производительность, т/ч	260
Наибольший размер кусков загружаемого материала, мм	до 400
Влажность загружаемого материала, %	до 12
Влажность выгружаемого материала, %	0,5 – 1
Загрузка мелющих тел, т	до 100
Мощность электропривода, кВт	2х200

Мельница входит в состав помольного комплекса для двухстадийного помола. Окончательный помол осуществляется в мельнице 4х13,5 м, работающей в замкнутом цикле с сепаратором.

Недостатками работы мельницы «Аэрофол» являются: повышенный расход электроэнергии (до 24 кВт ч/т), большие капитальные затраты и сложность эксплуатации.

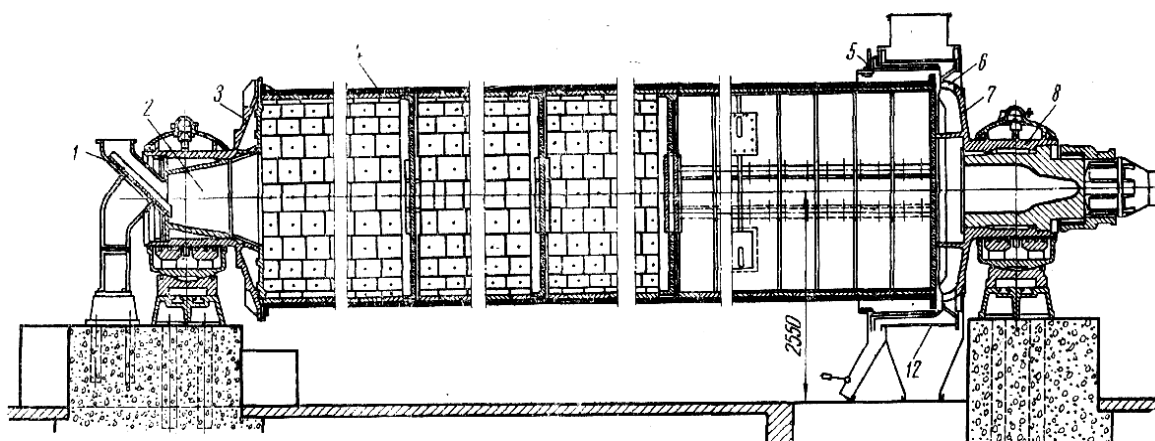


Рис. 5. Трубная многокамерная мельница

1 – воронка; 2 – цапфа; 3 – днище; 4 – барабан; 5 – уплотняющие кольца; 6 – решетка;
7 – днище; 8 – цапфа; 12 – разгрузочное сито.

Таблица 12.

Характеристика двухкамерных шаровых мельниц

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Типоразмеры мельниц				
			2*10,5	2,6*13	3,2*8,5	3,2*15	4*13,5
1	Длина 1 и 2 камер	м	5,6/4,5	7,4/5,1	2,9/5,1	7,5/6,9	6,7/6,4
2	Производительность а) при мокром помоле сырья средней твердости	т/час	16-21	32-42	50	70-80	140-160
	б) при помоле меловатого и глиняного шламов	-	70-100	-	150-230	-	-
	в) при помоле клинкера	-	10-13	25-26	-	50-55	100-110
	г) при помоле известняка	-	-	-	45-50	50-55	-
3	Мощность электродвигателя	кВт	500	1000	1250	2000	3200
4	Скорость вращения мельницы	об/мин	21	17,5	18,7	16,9	16,2

Таблица 13.

Характеристика шаровых мельниц для помола гипса и извести.

Показатели	Ед. изм.	СМ-15А	СМ-436, 1456
Диаметр и длина барабана	м	0,9*1,8	1,5*5,7
Количество камер	шт	1	2
Скорость вращения	об/мин	35	27-29
Производительность	т/час	0,5-1,3	4-7
Мощность электродвигателя	кВт	20	125

Сепараторы и классификаторы

Для классификации продукта при помоле по замкнутому циклу применяют центробежные и воздушно-проходные сепараторы. Последние обычно используют при помоле сырья с одновременной сушкой его горячими газами от обжиговых печей (таблица 13).

Таблица 14.

Технические характеристики сепараторов

Показатели	Тип сепараторов				
	Проходные			Циклонные	
				СМЦ-419	СМЦ-420
Диаметр, м	3,0	3,42	4,0	3,5	5,0
Высота, м	3,94	5,35	5,25	8,2	10,8
Производительность при помоле 8-10% остатка на сите №008, т/ч	-	-	-	80-90	160-180
Пропускная способность, м ³ /ч	43 500	43 500	90 000	-	-
Потребная мощность, кВт					
ротора	-	-	-	85	180
дымососа	-	-	-	162	250

В качестве гидроклассификаторов в цементном производстве используют гидроциклоны, виброгрохоты, дуговые сита (таблица 15).

Таблица 15.

Техническая характеристика дуговых сит

Показатели	Марка			
	СД-1	СД-2А	СДО-3	ВНИИЦем-маша
Полезная площадь сита, м ²	0,85	1,9	3	1,32
Производительность по исходному материалу, м ³ /ч	до 200	300-400	400-500	100
Размеры, мм				
длина	830	1440	1850	-
ширина	1330	1330	1415	-
высота	1680	1690	2810	-

Производительность мельниц с гидроклассификаторами увеличивается до 40% и снижается расход электроэнергии до 30% на 1 т сухого материала.

Оборудование для сушки материалов.

Технологическая схема должна предусматривать операцию сушки в случае, когда добавочные материалы имеют влажность, превышающую допустимую для осуществления нормального помола.

Допустимые пределы влажности (%) материала, подаваемого в мельницу: клинкера 0,5; угля – 1,5 – 5; добавок – 2 – 4; гипса – до 15. Влажность сырьевых материалов, минеральных добавок и твердого топлива, поступающих для переработки, обычно колеблется в пределах, % по массе: известняка – 3 – 7; мергелей – 8 – 15; глины – 5 – 20; гидравлических добавок и доменного шлака – 15 – 25; угля – 10 – 15.

В качестве сушильных установок в цементной промышленности применяют сушильные барабаны, вихревые сушилки, аэросушилки и комбинированные дробильно-помольно-сушильные установки. Широко применяются для сушки сырьевых материалов различной влажности сушильные барабаны диаметром 2,2 – 4,5 м, длиной 12 – 35 м. Производительность барабанов по сухому материалу колеблется от 8 до 208 т/ч. Сушильные барабаны, как правило, применяются для сушки кусковых материалов.

Оптимальные производительность и расход топлива при сушке в сушильном барабане характеризуются паронапряжением его сушильного объема. Удельное паронапряжение (паросъем) – это количество воды в кг, удаляемой из материала в час в 1 м³ объема барабана:

$$A = W/V$$

Где: A – удельное паронапряжение (паросъем), кг/(м³ч);

W – количество удаляемой влаги, кг;

V – объем сушильного барабана, м³.

Удельное паронапряжение при сушке различных материалов зависит от их физических свойств, влажности и начальной температуры сушки и составляет, кг/(м³ч) для: гранулированного доменного шлака – 40 – 50; мергеля глины трепела – 20 – 40; известняка – 20 – 30; угля – 25 – 50.

Выбор сушильного барабана производится по количеству испаряемой влаги, для чего рассчитывается объем барабана, (м³), обеспечивающий требуемый паросъем:

$$V = \frac{Gc(W_e - W_c)}{A(100 - W_e)} \quad (1)$$

где: Gc – потребная производительность барабана по высушенному материалу, кг/ч;

W_e, W_c – влажность материала соответственно поступающего в барабан (естественная влажность) и выходящего (сухого) из барабана, %;

A – удельное паронапряжение, кг/м³ч.

По потребному объему подбирается тип и количество сушильных барабанов, обеспечивающих расчетный объем.

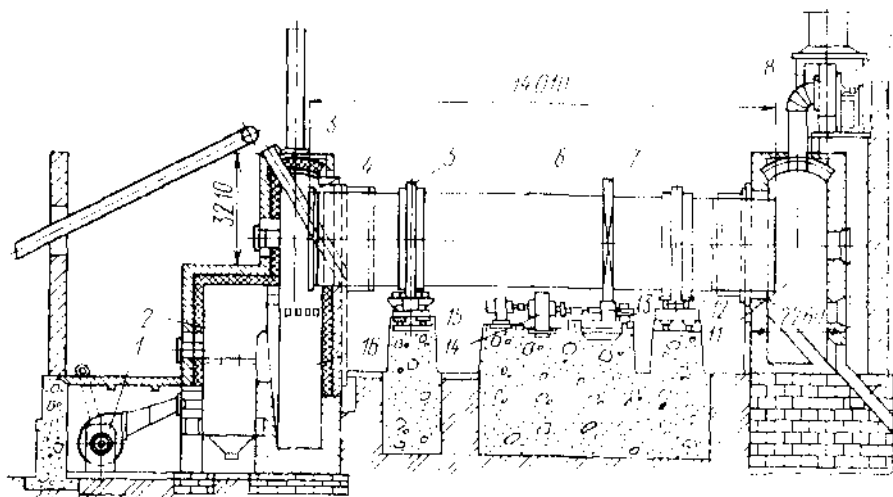


Рис. 6. Схема сушильного барабана

1 – дутьевой вентилятор; 2 – топка; 3 – аварийная труба; 4 – загрузочная течка;
 5 – бандаж; 6 – барабан; 7 – венцовая шестерня; 8 – отсасывающий вентилятор;
 9 – циклон; 10 – разгрузочная воронка; 11 – разгрузочная камера; 12 – опорные ролики; 13 –
 подвенцовая шестерня; 14 – редуктор; 15 – электродвигатель;
 16 – камера смешения газов.

Применение вихревых сушилок и аэросушилок позволяет повысить удельное паронапряжения соответственно до 125 – 150 и 250 – 300 кг/(м³ч), снизить расход топлива. Эти сушилки применяются для сушки сыпучих материалов. Производительность установок по сухому материалу составляет 70 т/ч. Вихревые сушилки более экономичны по сравнению с сушильными барабанами.

Шахтная мельница (рис. 7) предназначена для одновременной сушки и размола глины, а так же гипса. Шахтная мельница совмещает в одном агрегате сушильный барабан, дезинтегратор, элеваторы и течки.

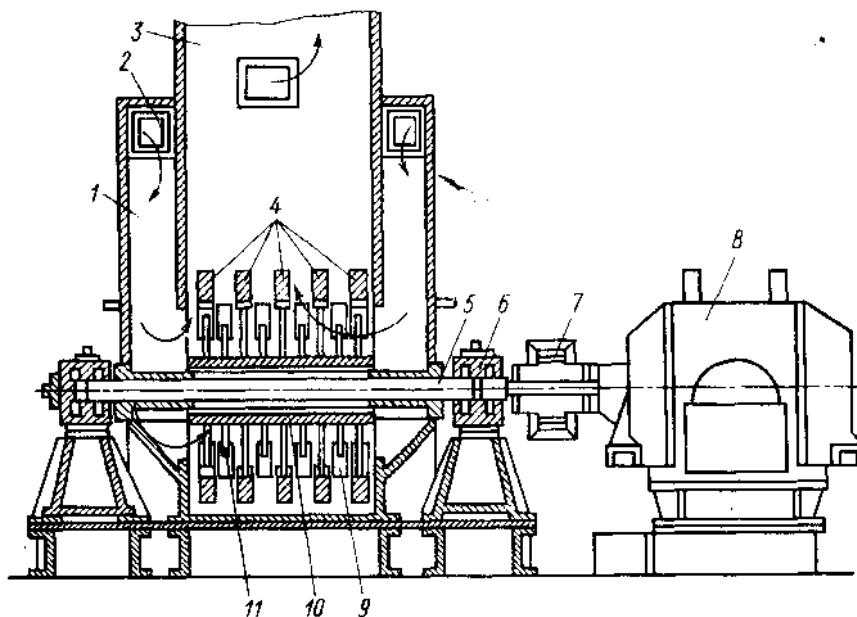


Рис. 7. Схема шахтной мельницы.

1 – вводные боковые каналы; 2 – подводные каналы подвода горячего газа; 3 – шахта мельницы; 4 – молотки (била); 5 – вал; 6 – подшипники; 7 – муфта; 8 – электродвигатель; 9 – держатель; 10 – ротор; 11 – диски.

Оборудование для обжига портландцементной сырьевой шихты и охлаждения клинкера

Обжиг цементного клинкера осуществляется в основном во вращающихся печах (рис. 8), что обусловлено их высокой производительностью, возможностью сравнительно эффективно использовать различные виды топлива и сырья, а также надежностью в эксплуатации.

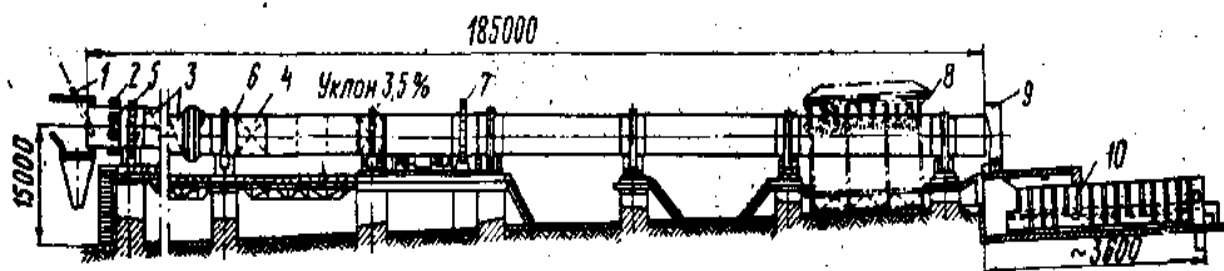


Рис. 8. Схема вращающейся печи размером 5x185 м.

1 – шламовая течка; 2 – фильтр-подогреватель; 3 – цепная завеса; 4 – теплообменник; 5 – бандаж; 6 – подбандажная обечайка; 7 – венцовый привод; 8 – оросительное устройство; 9 – горячая головка печи; 10 – клинкерный холодильник.

Для мокрого способа производства применяются, главным образом, длинные вращающиеся печи с различными встроенными теплообменными устройствами. Общепринятым теплообменным устройством для таких печей являются цепные завесы, расположенные в зоне сушки и частичного подогрева материала. В зонах печи, где температура газов превышает 700-800⁰С, устанавливаются металлические ячейковые, лопастные и цепные теплообменники, которые должны изготавливаться из жаростойких материалов.

Для сухого способа производства применяются короткие печи с циклонными теплообменниками. В циклонных теплообменниках для сушки сырья используются отходящие газы вращающейся печи. Зона декарбонизации может быть вынесена за печь, в реактор-декарбонизатор. Схема циклонного теплообменника печи 5*75 м Липецкого цементного завода приведена на рис. 9.

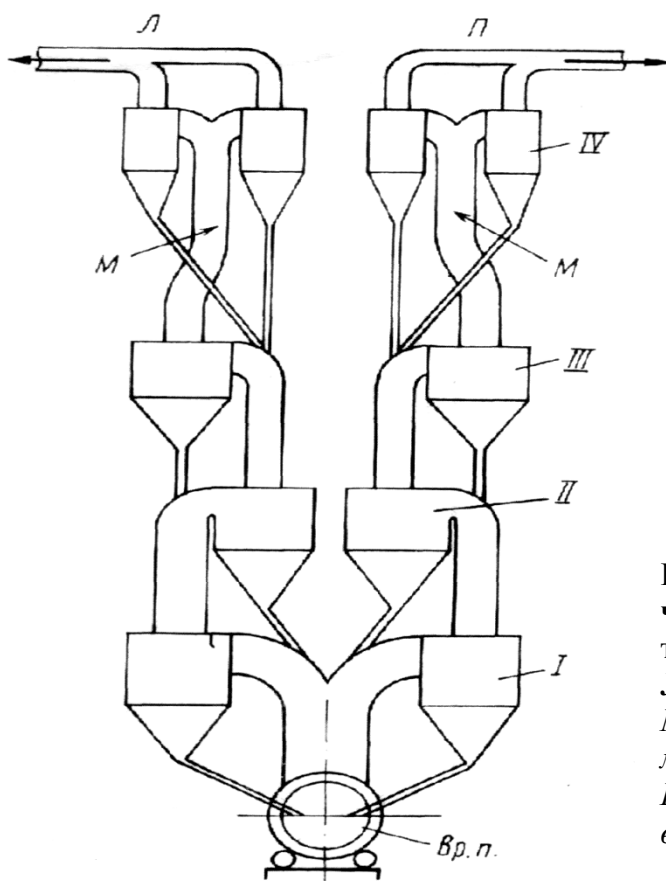


Рис. 9. Схема двухветвевого четырехступенчатого циклонного теплообменника печи 5x75 м Липецкого цементного завода
М – места подачи материала, Л и П – левая и правая ветви теплообменника; I-IV – ступени теплообменника; Вр.п. – вращающаяся печь

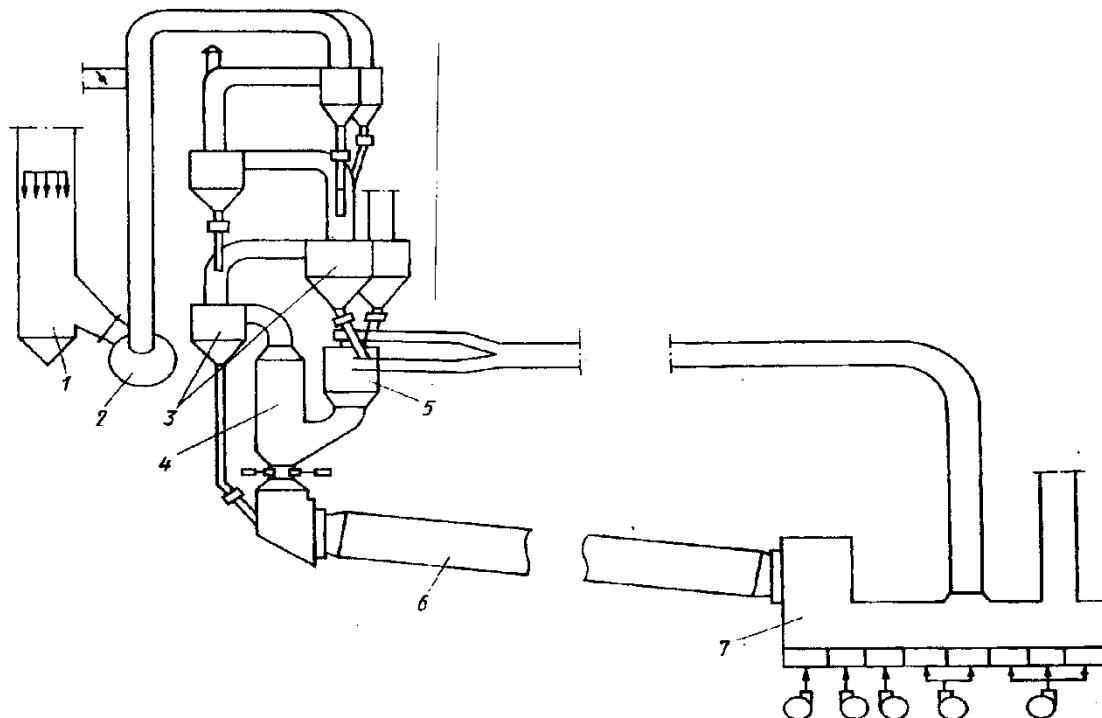


Рис. 10. Схема печного агрегата сухого способа производства с циклонным теплообменником и реактором-декарбонизатором Криворожского цементного завода.
1 – охладитель-увлажнитель печных газов; 2 – дымосос; 3 – двухветвевой циклонный теплообменник; 4 – смеситель газов; 5 – реактор-декарбонизатор; 6 – вращающаяся печь 4,5x80 м; 7 – колосниковый холодильник.

В комплект печного агрегата входят: холодильник, устройства для сжигания топлива, тягодутьевые устройства и средства пылеочистки отходящих печных газов. В зависимости от условий эксплуатации и типа печного агрегата применяют холодильники с однократным или двухкратным прососом воздуха через слой клинкера. Применяют следующие типы холодильников клинкера: барабанные, рекуператорные и колосниковые. В настоящее время наибольшее распространение получили горизонтальные колосниковые холодильники перекачивающего типа. Схема печного агрегата сухого способа производства Криворожского цементного завода представлена на рис. 10. В таблице 14 дана техническая характеристика вращающихся печей.

Таблица 16.

Техническая характеристика вращающихся печей для мокрого способа производства.

Диаметр, м		5	4,5	4
Длина, м		185	170	150
Уклон корпуса, %		3,5	4	4
Производительность, т/сут (проектная)		1800	1200	850
Количество опор		8	8	7
Число оборотов	на главном двигателе, мин	0,6-1,24	1,11	0,57-1,14
	на вспомогательном двигателе, ч	40	4,18	3,88
Длина участка цепей, м		-	-	32,5
Масса, т	печи	-	-	1502
	футеровки	-	-	722
	холодильника	-	-	100
	Футеровки холодильника	-	-	90
	корпуса печи в сборе	-	900	925,3
	теплообменника металлического	-	25,7	29,7
	цепной завесы	-	100	-
Толщина оболочки, мм	обычной	-	-	30-32
	подбандажной	-	-	50
	подвенцовой	-	-	50

Таблица 17.

Технические характеристики печей с циклонными теплообменниками для
сухого способа производства

Размер печи, м	4х60	5х75
Количество ступеней теплообменника, шт	4	4х2
Производительность установки, т/ч	35,0	66,7
Угол наклона печи, %	3,5	3,5
Мощность электродвигателя привода печи, кВт	100	320
Тип холодильника (колосниковый)	«Волга-35с»	«Волга-75су»

Таблица 18.

Техническая характеристика холодильников к печным агрегатам

Показатели	Колосниковые холодильники печных агрегатов			
	Волга-35с	Волга-50с	Волга-75с	Волга-125с
Производительность комплектуемых печей по клинкеру, т/ч	35	50	75	125
Габариты холодильника, м				
Длина	23,5	23,5	23,5	32,2
Высота	9,3	10,2	11,5	11,9
Ширина	5,7	5,6	6,4	7,8
Мощность приводного электродвигателя, кВт	18	18	25	25

Пылеулавливатели, вентиляторы, дымососы.

Для обеспылевания выбрасываемых в атмосферу отходящих газов и аспирационного воздуха применяют следующие пылеулавливающие устройства: циклоны (единичные и батарейные), электрофильтры, рукавные фильтры, центробежные скрубберы.

Выбор схем и конструкций пылеулавливателей обусловлен: начальной запыленностью (концентрацией), температурой и влажностью газа, крупностью и плотностью пыли. Например, объем газа в кубическом метре на 1 кг продукта для длинных вращающихся печей составляет 3,5 – 5,3; для печей с циклонными теплообменниками – 2,6 – 5,0; для цементных и сырьевых мельниц 0,2 – 1,0; для сушильных барабанов (для шлака) – 0,6 – 1,6. Соответственно показатели запыленности колеблются в пределах, г/м³: для длинных печей – 8,5 – 42; для печей с циклонными теплообменниками – 15 – 50; для цементных мельниц сепараторных – 620 – 945; для сырьевых мельниц сепараторных – 300 – 500; для сушильных барабанов (по шлаку) – 15 – 35.

Батарейные циклоны применяют на первой ступени очистки при начальной запыленности газов до 4000 г/м³. Батарейные циклоны имеют 2, 4, 6 и более циклонов, степень очистки в них 80 – 90%. Марки циклонов: ЦН-15-300; ЦН-15-100; ЦН-15-800х8 и др. производительностью 864 – 50600 м³/ч.

Таблица 19.

Экспериментальные характеристики циклонов ЦН диаметром 800 мм.

Показатели	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-15У	ЦН-24	СДК, ЦН-33	СК, ЦН-34
Степень обеспылевания, % : при сопротивлении 150 мм вод. ст. (1500 Па) то же, при 80 мм вод. ст. (800 Па)	87,5 84,5	86,5	84,5	80	90,8	91
Скорость газа, м/с: во входном патрубке в циклоне (условная)	26,4 3	22,6 3,8	21,1 3,65	19,5 5,5	11 2	12 1,6
Пропускная способность (по отношению к ЦН-11)	1	1,27- 1,28	1,19- 1,16	1,84- 1,82	0,66	0,53
Абразивный износ (по отношению к ЦН-11)	1	0,64	0,51	0,41	0,1	0,1

Электрофильтры устанавливают, как правило, на второй ступени очистки при запыленности газов перед ними не более 20 г/м³. Обычно на одну длинную вращающуюся печь предусмотрена установка двух электрофильтров. Типовые марки электрофильтров представлены в таблице 20. Степень очистки газов – 98 – 99%.

Таблица 20.

Характеристика электрофильтров типа УГТ,
Применяемых для обеспылевания газов с температурой
свыше 250 до 425° С

Типоразмер	Количество		Активное сечение, м ²	Площадь поверхности осаждения, м ²	Активная длина электродов (по ходу газов), м	Габариты, м (без диффузора и конфузора)	
	полей	Газовых проводов.				длина	ширина
УГТ 1-30-3	3	16	30	1843	7,5	14	4,5
УГТ 1-40-3	3	22	40	2509	7,5	14	6
УГТ 1-60-3	3	33	60	3727	7,5	14	9
УГТ 1-80-3	3	44	80	4945	7,5	14	12

Рукавные фильтры устанавливают на последней ступени пылеулавливания при начальной запыленности газов до 15 г/м³, степень очистки до 99%.

Центробежные скрубберы работают удовлетворительно при начальной запыленности газов до 2 г/м³, степень очистки газов – 85 – 90%.

Определив количество отходящих газов с учетом табличных данных и количества выпускаемого продукта в единицу времени, подбирается тип и количество пылеулавливающих устройств.

Например, объем воздуха (м³/ч), проходящего через мельницу можно определить по формуле:

$$V_{вм} = S_{сеч} U 3600 Kз$$

Где $S_{сеч}$ – поперечное сечение мельницы, м²;

U – скорость воздуха ($U = 0,3-0,7$ м/сек);

$Kз$ – коэффициент заполнения мельницы ($Kз = 0,3$).

С учетом подсоса воздуха общий объем его необходимо увеличить в 1,5 раза.

В производстве вяжущих веществ, как правило, принимается двухстадийная система очистки.

Вентиляторы и дымососы. Для подачи воздуха и пылевоздушной смеси в печи, для охлаждения клинкера, для обеспечения транспортировки газозадушной смеси в производстве вяжущих веществ применяются вентиляторы. Для отвода газообразных продуктов из обжиговых агрегатов используют дымососы, которые устанавливаются, как правило, после электрофильтров и подбираются по объему газового потока.

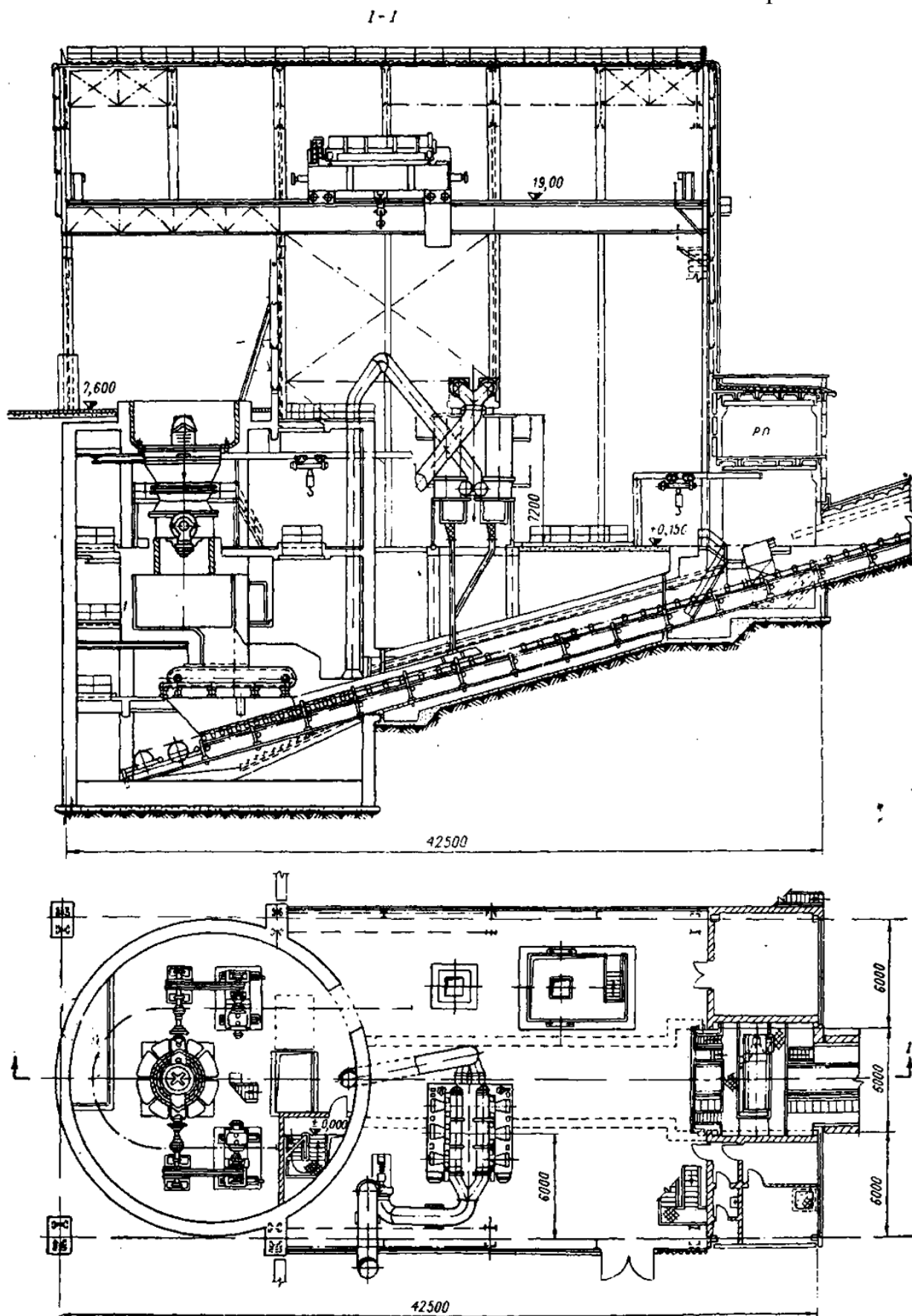


Рис. 11. Компонировка установки конусной дробилки для первичного дробления.

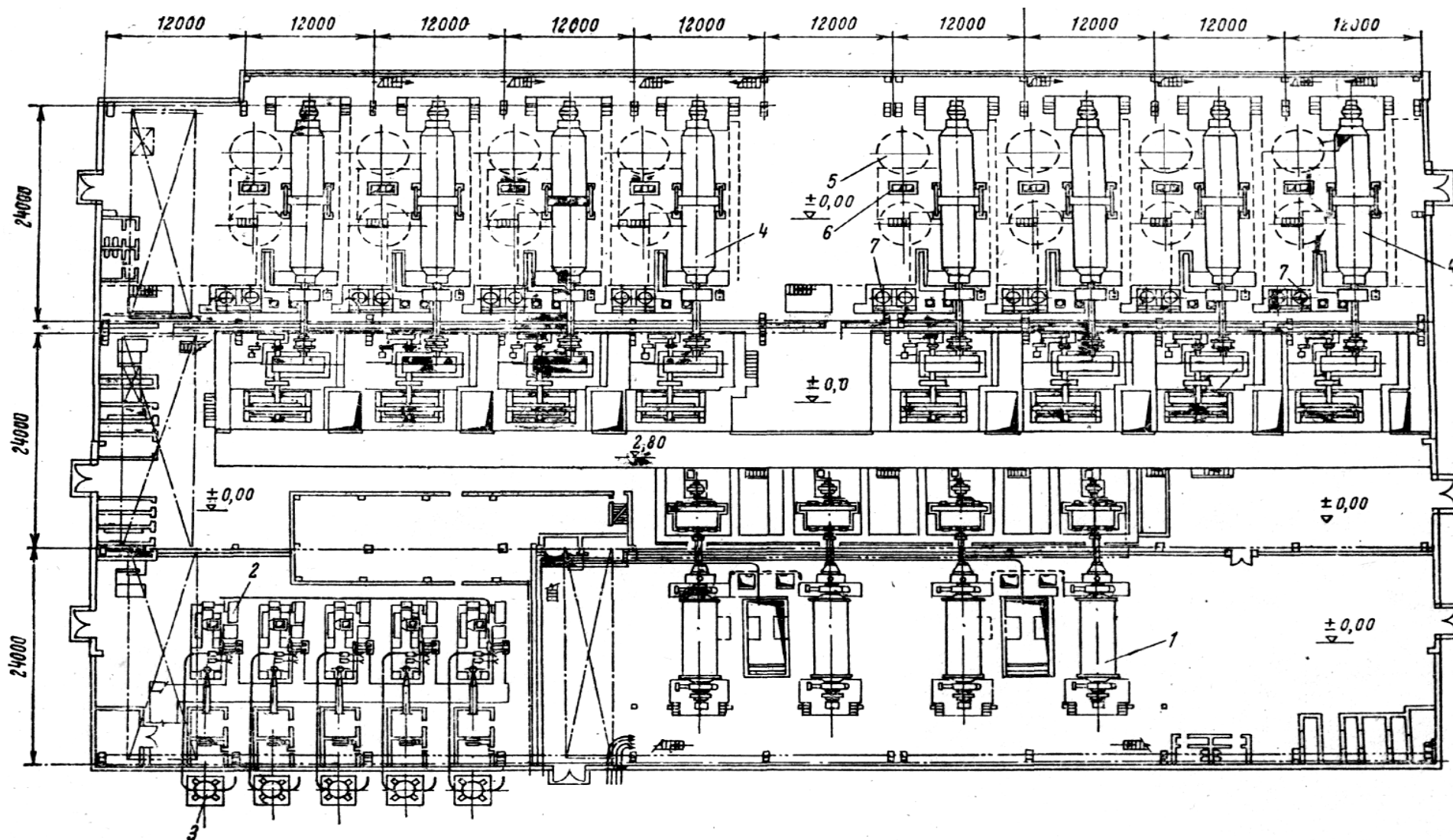
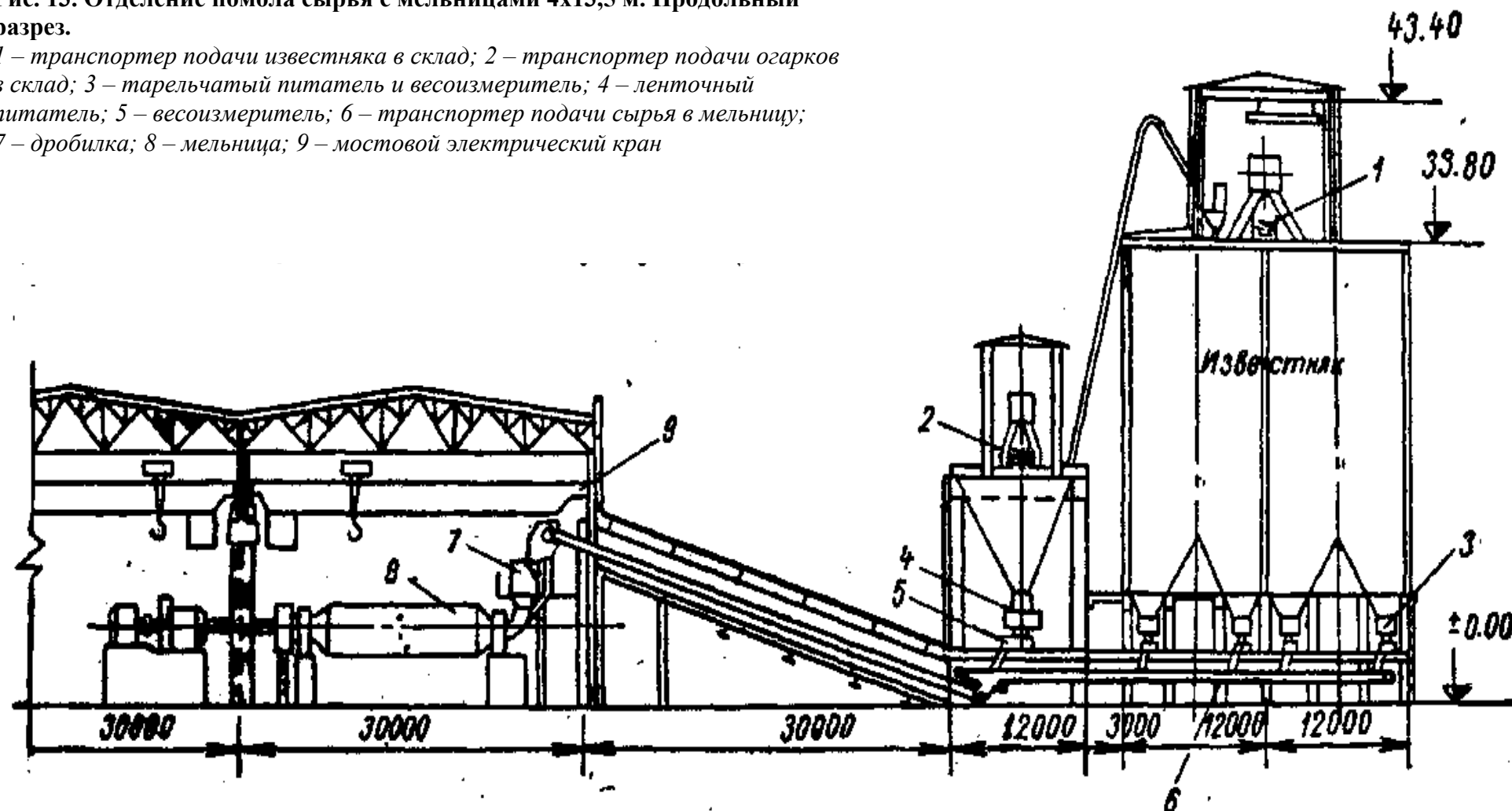


Рис. 12. Блок помольных отделений с компрессорной завода мощностью 2,4 млн. т цемента в год. План.

1 – мельница сырьевая 3,2x8,5 м; 2 – компрессор; 3 – ресивер; 4 – мельница цементная 3,2x15 м; 5 – сепаратор; 6 – элеватор; 7 – двухкамерный пневматический насос.

Рис. 13. Отделение помола сырья с мельницами 4х13,5 м. Продольный разрез.

1 – транспортер подачи известняка в склад; 2 – транспортер подачи огарков в склад; 3 – тарельчатый питатель и весоизмеритель; 4 – ленточный питатель; 5 – весоизмеритель; 6 – транспортер подачи сырья в мельницу; 7 – дробилка; 8 – мельница; 9 – мостовой электрический кран



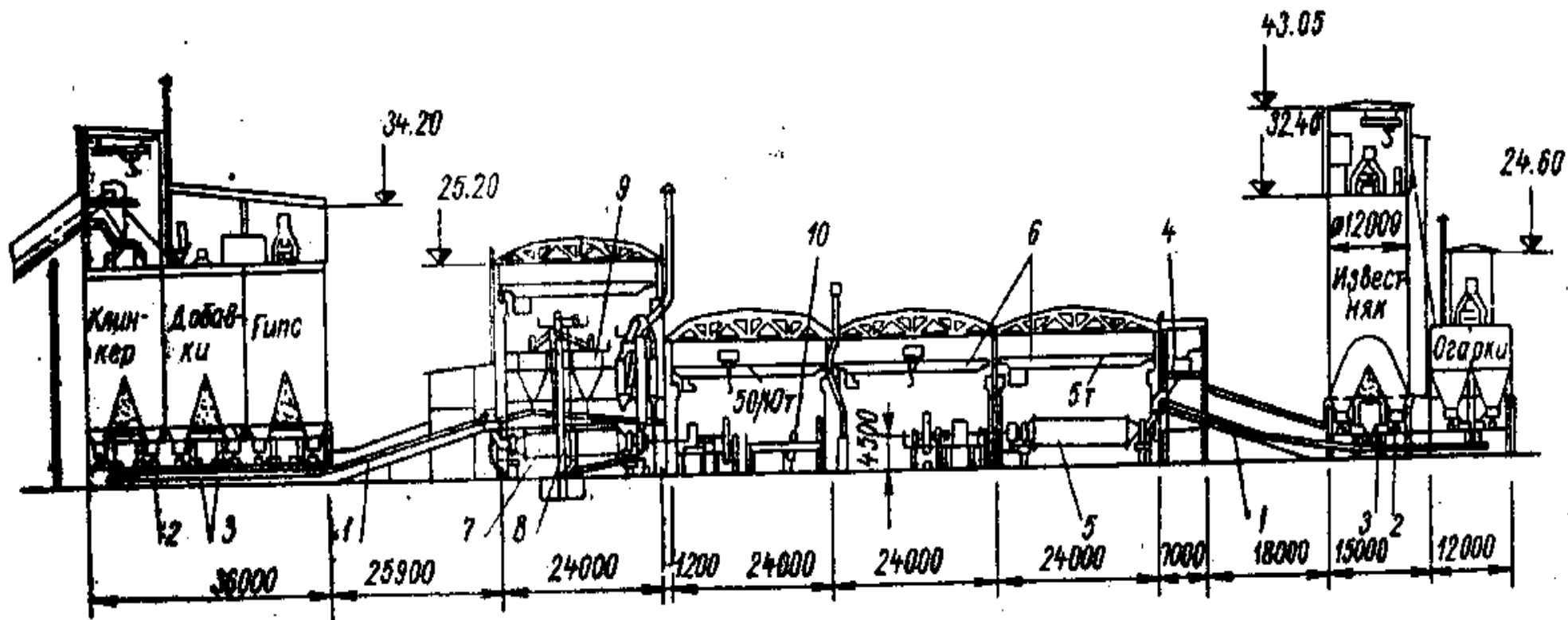


Рис. 14. Блок помольных отделений с мельницами 3,2x15 м, с компрессорной и складами размалываемых материалов завода мощностью 2,4 млн. т цемента в год по мокрому способу. Разрез 1-1.

1 – ленточный транспортер; 2 – тарельчатый питатель; 3 – весоизмеритель; 4 – питатель для глиняного шлама; 5 – мельница помола сырья; 6 – мостовой электрический кран; 7 – мельница помола клинкера; 8 – элеватор; 9 – сепаратор; 10 – компрессор

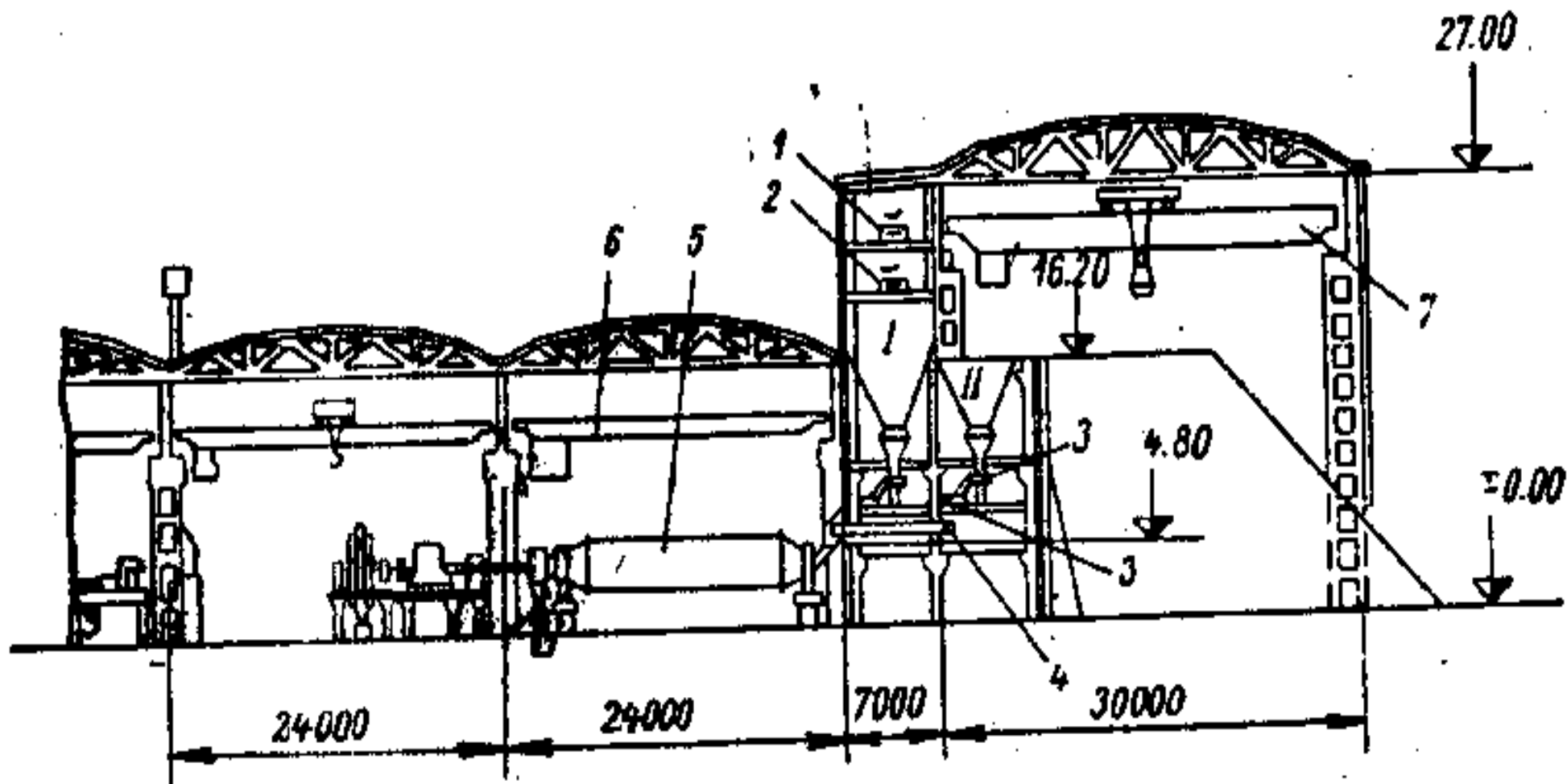


Рис. 15. Отделение помола сырья с мельницами 3,2x15 м при использовании твердого известняка. Продольный разрез.

1 – ленточный транспортер стационарный; 2 – ленточный транспортер передвижной реверсивный; 3 – тарельчатый питатель и весоизмеритель; 4 – ленточный транспортер; 5 – мельница; 6 – мостовой электрический кран; 7 – мостовой грейферный кран в складе.

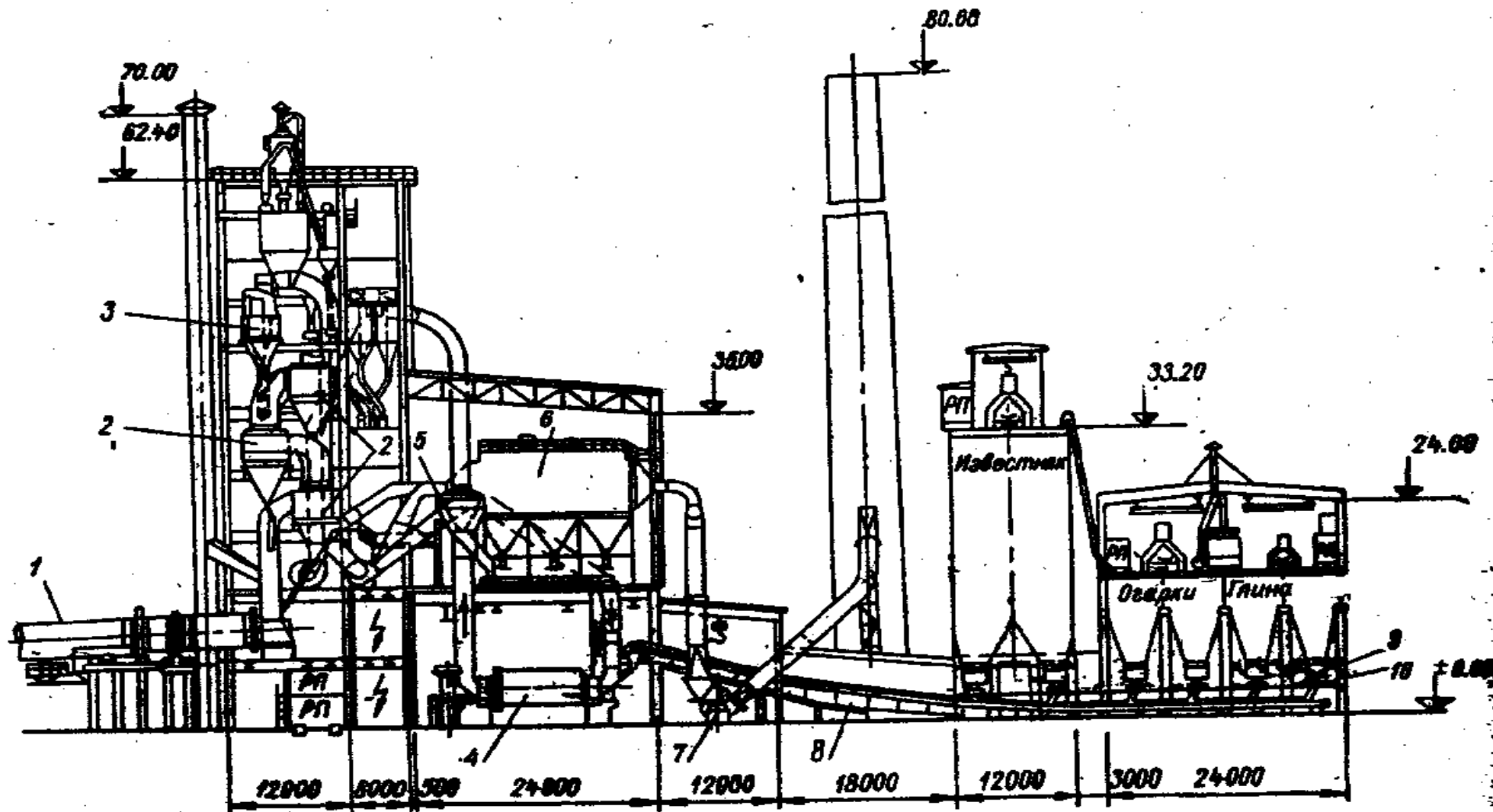


Рис. 16. Отделение помола сырья по сухому способу с использованием тепла отходящих газов вращающихся печей.

Продольный разрез I-I.

1 – холодный конец вращающейся печи 4x60 м; 2 – циклонные теплообменники; 3 – осадительные циклоны; 4 – мельница ШБМ; 5 – проходной сепаратор; 6 – электрофильтр; 7 – дымосос; 8 – ленточный транспортер; 9 – тарельчатый питатель; 10 – весоизмеритель.

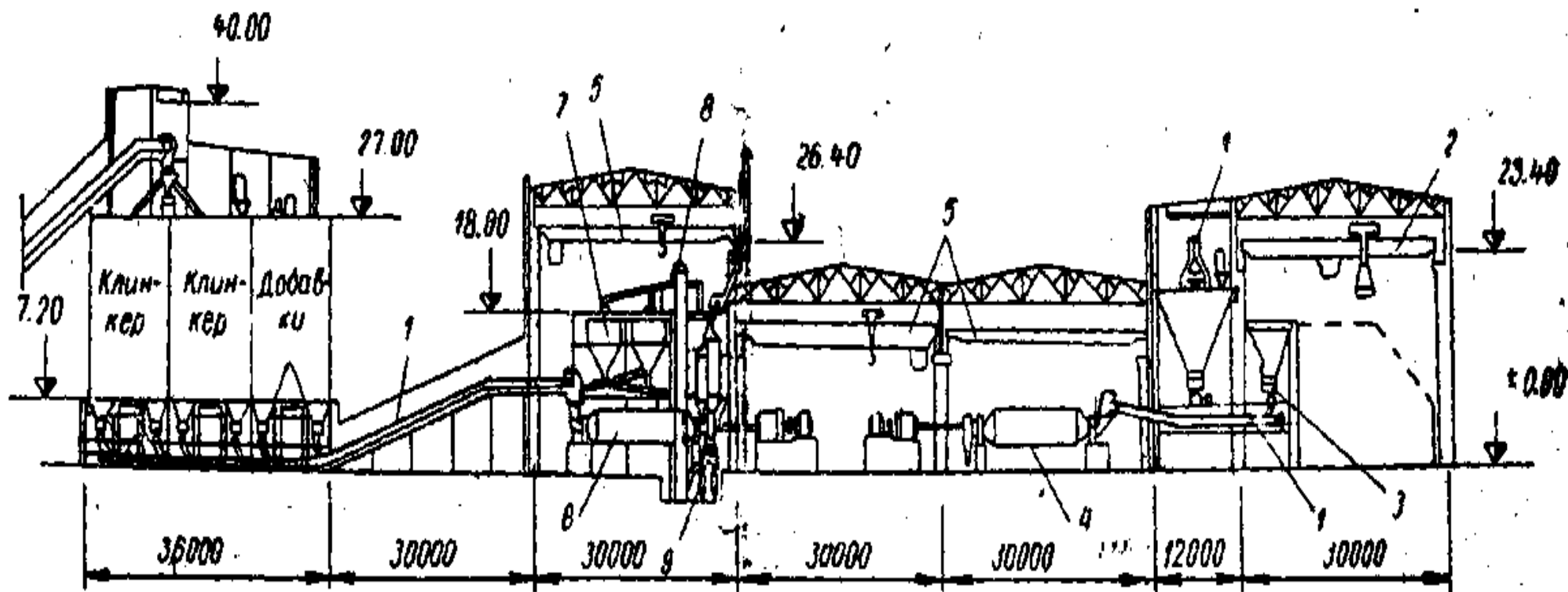


Рис. 17. Блок помольных отделений с мельницами 4x13,5 м завода мощность 2,4 млн. т цемента в год при использовании твердого известняка с мажущими включениями. Разрез I-I/

1 – ленточный транспортер; 2 – мостовой грейферный кран; 3 – тарельчатый питатель и весоизмеритель; 4 – мельница сырьевая; 5 – мостовой электрический кран с крюком; 6 – мельница цементная; 7 – сепаратор; 8 – элеватор; 9 – двухкамерный пневматический насос.

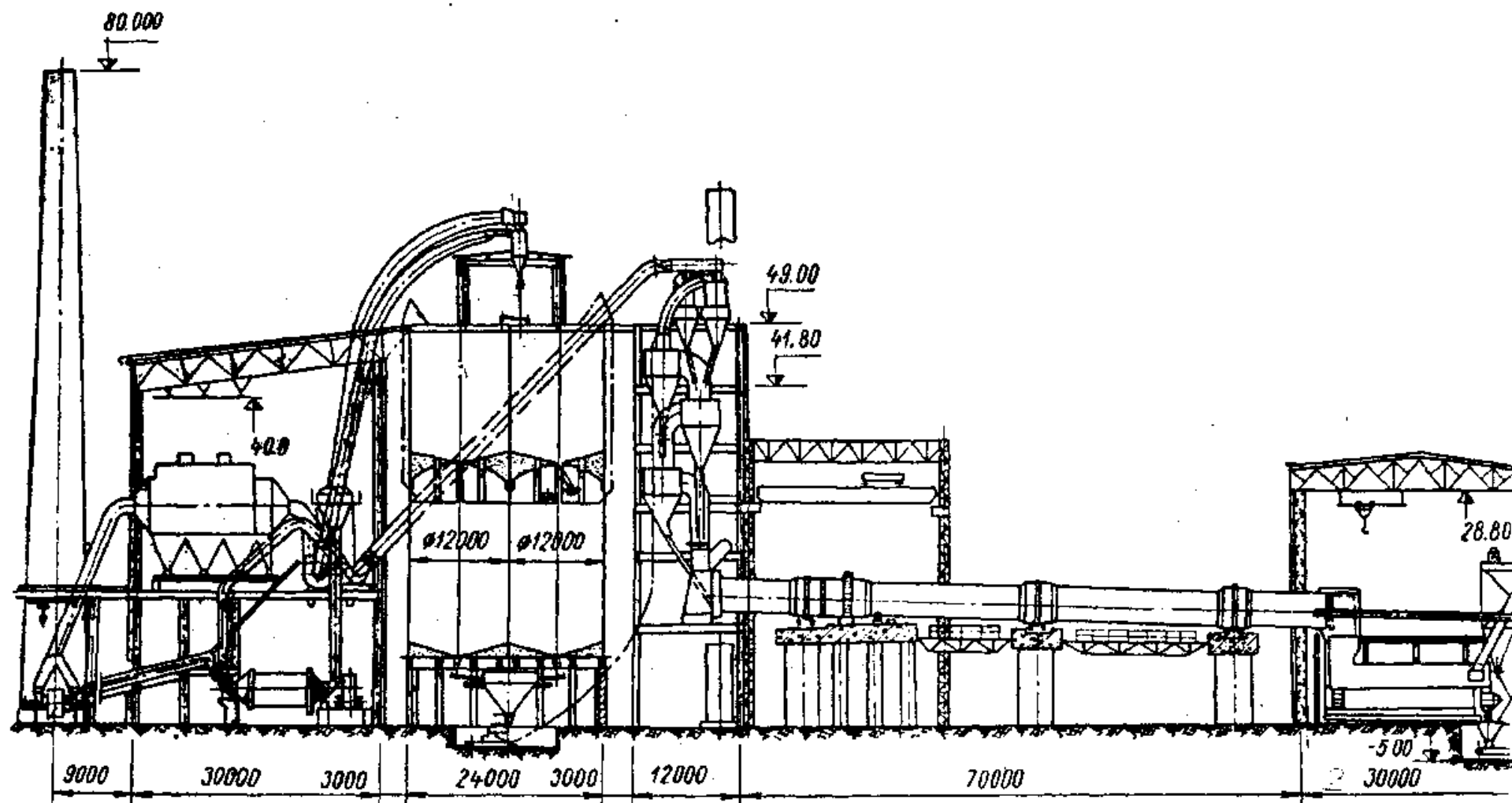


Рис. 18. Цех обжига с вращающимися печами 5x75 м с циклонными теплообменниками. Вариант с использованием тепла отходящих газов на сушку сырья. Продольный разрез.

1 – вращающаяся печь; 2 – холодильник; 3 – головка холодного конца печи; 4 – циклонные теплообменники; 5 – циклон НИИОГАЗ; 6 – циклонный отделитель; 7 – дымосос; 8 – вентилятор мельничный; 9 – дымосос; 10 – мельница ШБМ.

