

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

В.Н. РУБЦОВА

## ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ДЛЯ СТУДЕНТОВ  
СПЕЦИАЛЬНОСТИ 270106 «ПРОИЗВОДСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ»

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
государственного образовательного учреждения высшего профессионального  
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 625.06  
ББК 35.41  
Р 99

Рецензент

кандидат технических наук, доцент В.И. Турчанинов

Р 99

**Рубцова, В.Н.**

**Вяжущие вещества: методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 270106 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций» / В.Н. Рубцова. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – 31 с.**

Методические указания содержат общие положения о составе и оформлении расчетно-пояснительной записки, выполнении графической части курсового проекта.

Приведена методика расчета состава цементной сырьевой шихты, выбора технологической схемы производства, составления материального баланса и даны рекомендации для выполнения всех разделов проекта.

Методические указания предназначены для студентов специальности 270106 «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

ББК 35.41

© Рубцова В.Н., 2009

© ГОУ ОГУ, 2009

## Содержание

Введение	
1 Состав и оформление курсового проекта.....	5
2 Содержание расчетно-пояснительной записки.....	7
2.1 Введение.....	7
2.2 Аналитический обзор.....	7
2.3 Технологическая часть.....	7
2.3.1 Характеристика выпускаемой продукции.....	7
2.3.2 Описание исходных сырьевых материалов.....	7
2.3.3 Расчет состава сырьевой смеси.....	8
2.3.4 Выбор, обоснование и описание технологической схемы.....	11
2.3.5 Режим работы предприятия.....	12
2.3.6 Расчет мощности завода по клинкеру и цементу.....	13
2.3.7 Материальный баланс.....	15
2.3.8 Выбор и расчет основного технологического оборудования.....	18
2.3.9 Расчет расходных бункеров и складов сырьевых материалов, клинкера, добавок, цемента.....	20
2.3.10 Расчет потребности в электроэнергии.....	21
2.3.11 Определение численности работающих.....	21
2.3.12 Контроль сырья, технологического процесса и готовой продукции.....	22
2.4 Безопасность и экологичность проекта.....	22
2.5 Техничко-экономические показатели.....	23
2.6 Заключение.....	23
Список использованных источников.....	24
Приложение А Пример задания на курсовой проект.....	25
Приложение Б Химический состав сырьевых компонентов.....	26
Приложение В Технологическая схема.....	27
Приложение Г План и разрез цеха обжига.....	28
Приложение Д Образец титульного листа.....	29
Приложение Е Схема производства цемента.....	30
Приложение Ж Насыпные плотности материалов.....	31

## **Введение**

Курсовой проект – самостоятельная учебная работа, выполняемая студентами под руководством преподавателей, состоящая из графической части и расчетно-пояснительной записки, служащая для закрепления теоретических знаний, формирования умений применять знания для решения прикладных задач, подготовки к выполнению дипломного проекта и самостоятельной профессиональной деятельности.

В качестве тем курсовых проектов студентам предлагается выполнение проектов цементных заводов, отражающих как современное состояние цементной промышленности (опыт эксплуатации действующих цементных заводов различных лет строительства), так и новые, перспективные проектно-технологические решения заводов сухого способа производства. Задания на курсовое проектирование не привязываются к конкретным географическим месторождениям сырья и промышленным площадкам.

Работу над курсовым проектом студент начинает с изучения литературы: учебников, специальной литературы и журнальных статей. Проведение данной работы позволяет автору проекта определить направление рационального решения поставленных задач [1].

## 1 Состав и оформление курсового проекта

Задание на курсовой проект (приложение А) включает тему проекта с указанием вида вяжущего, топлива, типа и количество печей, наименования сырьевых компонентов (приложение Б) и основных характеристик клинкера.

Курсовой проект состоит из графической части и пояснительной записки.

Графическая часть включает технологическую схему предприятия (1 лист формата А2, приложение В), план и разрезы одного из цехов предприятия по заданию руководителя проекта (1 лист формата А1, приложение Г). Графическое оформление чертежей курсового проекта должно соответствовать требованиям стандартов ЕСКД и системы проектной документации для строительства. Графическая часть выполняется после проверки преподавателем пояснительной записки.

Пояснительная записка объемом до 40 страниц должна включать:

- титульный лист;
- задание на проект;
- аннотацию;
- содержание;
- введение;
- основную часть:
  - 1) аналитический обзор;
  - 2) технологическая часть:
    - а) характеристика выпускаемой продукции;
    - б) описание исходных сырьевых материалов;
    - в) расчет состава сырьевой смеси;
    - г) выбор, обоснование и описание технологической схемы;
    - д) режим работы предприятия;
    - е) расчет мощности завода по клинкеру и цементу;
    - ж) материальный баланс;
    - и) выбор и расчет основного технологического оборудования;
    - к) расчет расходных бункеров и складов сырьевых материалов, клинкера, добавок, цемента;
    - л) расчет потребности в электроэнергии;
    - м) определение численности работающих;
    - н) контроль сырья, технологического процесса и готовой продукции;
  - 3) безопасность и экологичность проекта;
  - 4) технико-экономические показатели;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Оформление пояснительной записки должно проводиться в соответствии со стандартом предприятия СТП 101-00 [2].

Титульный лист оформляется по образцу (приложение Д).

## **2 Содержание расчетно-пояснительной записки**

### **2.1 Введение**

На основе изучения периодической литературы – журналов «Цемент и его применение», «Строительные материалы», «Строительные материалы и оборудование XXI века», «Бетон и железобетон» дается краткий обзор состояния и задач цементной отрасли в стране и за рубежом.

### **2.2 Аналитический обзор**

В аналитическом обзоре необходимо дать анализ современных и перспективных технологических решений: способы приготовления сырьевой смеси, существующие схемы дробления и типы дробильных установок, сырьевые мельницы для сухого и мокрого способов производства, порционное и поточное приготовление шихты, характеристика различных типов печей цементной промышленности и теплообменные устройства, холодильники к ним, утилизация пыли вращающихся печей, виды топлива, использование тепла отходящих газов, оборудование для дозирования, транспортирования и хранения материалов, добавки, вводимые при помоле, существующие схемы помола, аспирация помольных агрегатов, оборудование упаковочного отделения, технологический контроль.

### **2.3 Технологическая часть**

#### **2.3.1 Характеристика выпускаемой продукции**

В данном разделе устанавливается нормативная документация на заданную номенклатуру готовой продукции [3-5]. Приводятся требования к вещественному составу цемента, основные показатели, установленные для данного вида вяжущего, указывается область его применения.

В соответствии с нормативной документацией принимается процент ввода добавок и гипса для заданных цементов.

#### **2.3.2 Описание исходных сырьевых материалов**

Исходя из задания на проектирование устанавливается перечень необходимых сырьевых материалов для производства заданной номенклатуры продукции: карбонатный, алюмосиликатный компоненты, корректирующая добавка, гипсовый камень, доменный граншлак и др. Дается краткое описание химического и минералогического составов, физико-механических свойств каждого компонента, определяющих выбор технологической схемы производства вяжущего.

### 2.3.3 Расчет состава сырьевой смеси

Сырьевая смесь рассчитывается на основе химического состава сырьевых компонентов и заданных модульных характеристик клинкера - коэффициента насыщения (КН) и силикатного модуля ( $n_{кл}$ )\*.

Химический состав карбонатного и глинистого компонентов шихты, приведенный в приложении Б, сводят в таблицу 1.

Таблица 1 – Химический состав основных сырьевых материалов

Компоненты	Химический состав, %						
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	прочие	ппп	Сумма (Σ)
Известняк							
Глина							
Корректирующий компонент							

Если сумма отличается от 100 %, то химический состав компонентов пересчитывается на 100 % путем добавления в «прочие» ( $\Sigma < 100$ ) или умножения на коэффициент  $K = 100/\Sigma$  ( $\Sigma > 100$ ).

Рассчитывается силикатный модуль известняка ( $n_{изв}$ ) и глины ( $n_{гл}$ ) по формуле

$$n = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3}$$

Для выбора корректирующего (третьего) компонента сырьевой смеси сравниваются полученные  $n_{изв}$  и  $n_{гл}$  с заданным силикатным модулем клинкера ( $n_{кл}$ ).

В зависимости от полученных результатов выбирается корректирующий компонент известняка и глины по силикатному модулю (таблица 2).

---

\* Приведена одна из существующих методик расчета трехкомпонентный цементной сырьевой смеси, обжигаемой на беззольном топливе



Таблица 2 – Выбор корректирующего компонента

Полученные результаты	Схема корректирования	Корректирующий компонент
$n_{\text{ИЗВ}} < n_{\text{КЛ}}$ $n_{\text{ГЛ}} < n_{\text{КЛ}}$	$\frac{\text{песок}}{\text{известняк}}$ $\frac{\text{песок}}{\text{глина}}$	Кремнеземистый (песок)
$n_{\text{ИЗВ}} > n_{\text{КЛ}}$ $n_{\text{ГЛ}} < n_{\text{КЛ}}$	$\frac{\text{глина}}{\text{известняк}}$ $\frac{\text{песок}}{\text{глина}}$	
$n_{\text{ИЗВ}} > n_{\text{КЛ}}$ $n_{\text{ГЛ}} > n_{\text{КЛ}}$	$\frac{\text{огарки}}{\text{известняк}}$ $\frac{\text{огарки}}{\text{глина}}$	Железосодержащий (огарки)
$n_{\text{ИЗВ}} < n_{\text{КЛ}}$ $n_{\text{ГЛ}} > n_{\text{КЛ}}$	$\frac{\text{глина}}{\text{известняк}}$ $\frac{\text{огарки}}{\text{глина}}$	

После определения корректирующего компонента его краткое описание вводится в п. 2.3.2, а химический состав в таблицу 1 с пересчетом на 100 %.

Выбирается схема корректирования из таблицы 2, химический состав из таблицы 1 и проводится расчет составов откорректированных известняка и глины по формулам (в качестве примера выбрана одна из схем)

$$\frac{\text{глина}}{\text{известняк}} = \frac{[\text{SiO}_2 - n_{\text{кл}}(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)]_{\text{известняка}}}{[n_{\text{кл}}(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) - \text{SiO}_2]_{\text{глины}}}$$

$$\frac{\text{песок}}{\text{глина}} = \frac{[\text{SiO}_2 - n_{\text{кл}}(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)]_{\text{глины}}}{[n_{\text{кл}}(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) - \text{SiO}_2]_{\text{песка}}}$$

Полученные соотношения пересчитываются в процентах (x и y; x' и y').

Затем проводится расчет химических составов откорректированных известняка и глины и сводится в таблицу 3.

Таблица 3 – Химический состав откорректированных материалов

Компоненты	Химический состав, %						
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	прочие	ппп	Σ
х, % глины							х
у, % известняка							у
Откорректированный известняк							100,00
х', % песка							х'
у', % глины							у'
Откорректированная глина							100,00

Для проверки правильности расчета определяют силикатные модули откорректированных известняка и глины и сравнивают с заданным значением  $n_{кл}$ . Отклонение не должно превышать  $\pm 0,01$ .

После этого приступают ко второй части расчета - корректировке по КН и определению состава сырьевой смеси.

Вычисляют соотношение в процентах между откорректированными известняком и глиной (таблица 3) по формуле

$$\frac{\text{известняк}}{\text{глина}} = \frac{[2,8SiO_2 \cdot KH + 1,65Al_2O_3 + 0,35Fe_2O_3 - CaO]_{глины}}{[CaO - (2,8SiO_2 \cdot KH + 1,65Al_2O_3 + 0,35Fe_2O_3)]_{известняка}} = \frac{z}{q}$$

Проводится пересчет состава двухкомпонентной сырьевой смеси из откорректированных известняка и глины в трехкомпонентную из заданных компонентов – известняка, глины и песка.

Состав сырьевой смеси (%)

Известняк	$\frac{y \cdot z}{100} = A$
Глина	$(\frac{x \cdot z}{100} + \frac{y' \cdot q}{100}) = B$
Песок	$\frac{x' \cdot q}{100} = C$
Сумма	100

На основе полученного соотношения компонентов сырьевой смеси рассчитывается ее химический состав и сводится в таблицу 4. Химический состав клинкера определяется с учетом коэффициента пересчета:

$$K_{\text{пер}} = \frac{100}{100 - \text{ппп}_{\text{с.с.}}}, \quad (1)$$

где  $\text{ппп}_{\text{с.с.}}$  – потери при прокаливании сырьевой смеси (таблица 4).

Таблица 4 – Химический состав сырьевой смеси и клинкера

Компоненты	Химический состав, %						
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	прочие	ппп	Σ
А % известняка							А
В % глины							В
С % песка							С
Сырьевая смесь							100,00
Клинкер						-	100,00

С целью проверки правильности второй части расчета определяется коэффициент насыщения клинкера по формуле

$$KH = \frac{CaO - (1,65Al_2O_3 + 0,35Fe_2O_3)}{2,8SiO_2}$$

Отклонение не должно превышать  $\pm 0,005$ .

Проверочный расчет сырьевой смеси проводится на компьютере с помощью разработанной программы [6].

Убедившись в точности расчета состава сырьевой смеси, можно определить удельный расход сырьевых материалов  $C$  ( $t/t_{\text{кл}}$ )

$$C = \frac{J \cdot C_1}{100} \quad (2)$$

где  $J$  - удельный расход сырьевой смеси,  $t/t_{\text{кл}}$  (равен  $K_{\text{пер}}$ );

$C_1$  – содержание каждого компонента сырьевой смеси, %.

Полученные результаты используются в дальнейших технологических расчетах.

### 2.3.4 Выбор, обоснование и описание технологической схемы

В задании на курсовой проект указывается размер печей для обжига сырьевой смеси, что позволяет на основании проведенного литературного обзора выбрать способ производства цемента (сухой, мокрый).

Для правильного выбора схемы производства рассматриваются возможные варианты в различных литературных источниках [1,7-13]. При этом учитываются исходные данные для проектирования (мощность предприятия,

номенклатура продукции, химические и физико-механические характеристики сырьевых компонентов, отдаленность карьеров и поставщиков и т.п.), современные тенденции в развитии отрасли, экологичность, а также технико-экономические показатели производства.

Выбранная схема (точно соответствующая литературному источнику или доработанная студентом) приводится в пояснительной записке в виде детальной пооперационной технологической схемы, на которой отражаются все операции (оборудование) по производству цемента (приложение Е).

Дается обоснование технологической схемы и ее подробное описание.

Все дальнейшие расчеты в пояснительной записке базируются на выбранной схеме производства.

### 2.3.5 Режим работы предприятия

Режимы работы производственных отделений выбираются в соответствии с режимом работы машин и оборудования (таблица 5) [1, с. 261].

Таблица 5 – Режим работы машин и оборудования

Наименование производства (переделов)	Количество смен в сутках	Номинальный годовой фонд рабочего времени сутки/час	Примечание
1	2	3	4
1 Отделение предварительного измельчения сырьевых материалов, добавок и топлива (дробилки, мельницы грубого измельчения и т.п.)	2	$\frac{260}{4160}$	Исключая дробилки-сушилки
2 Дробилки-сушилки	3	$\frac{365}{8760}$	
3 Склады сырьевых материалов, добавок, топлива, сырьевой смеси, клинкера, цемента, интенсификаторов, минерализаторов, пластификаторов	2-3	$\frac{260 - 365}{4160 - 8760}$	В зависимости от режима работы производств, обеспечивающих подачу и потребление складированных материалов

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
4 Отделение помола цемента, компрессорная, мокрый помол сырья	2-3	$\frac{260 - 365}{4160 - 8760}$	С учетом пиковых нагрузок в региональных (местных) энергосистемах
5 Цех обжига клинкера, сухой помол сырья, сушильные и топливоподготовительные отделения	3	$\frac{365}{8760}$	
6 Установки для отгрузки готовой продукции (цемент, клинкер, мука, щебень и т.п.) и для приема поступающих на промплощадку грузов (топливо, добавки, вспомогательные материалы и т.п.)	1-3	$\frac{260 - 365}{2080 - 8760}$	Уточняется в зависимости от режима подачи железнодорожных вагонов и автотранспорта
7 Упаковочное отделение	1-3	$\frac{260 - 365}{2080 - 8760}$	

Режим работы карьеров принимается в две смены при непрерывной рабочей неделе.

Номинальный годовой фонд рабочего времени по подразделениям, работающим на непрерывном режиме, принимается 365 суток или 8760 часов.

При прерывном режиме работы подразделений номинальной годовой фонд рабочего времени определяется как разность между календарным временем (365 суток) и выходными и праздничными днями.

### 2.3.6 Расчет мощности завода по клинкеру и цементу [1]

Мощность (производительность) завода устанавливается по количеству технологических линий (печей), исходя из гарантированной часовой производительности печей и нормативного коэффициента их использования в течение года.

Проектная производительность завода по клинкеру ( $Q_{кл}$ , т в год) рассчитывается по формуле

$$Q_{кл} = n \cdot q \cdot 8760 \cdot K_{II}, \quad (3)$$

где  $n$  — число технологических линий (печей) для обжига клинкера;  
 $q$  — гарантированная часовая производительность одной печи, в тоннах (таблица 6);  
 8760 — годовое календарное время, в часах;  
 $K_n$  — коэффициент использования годового календарного времени (таблица 6).

Таблица 6 – Производительность и коэффициент использования вращающихся печей

Способ производства	Типоразмер печи	$K_n$	Производительность, т/ч
Мокрый	5,6x185 м	0,89	76
	5,0x185 м	0,89	72
	4,5x170 м	0,90	50
	4,0x150 м	0,91	35
	3,6x150 м	0,92	25
Сухой, печи с циклонными теплообменниками	7,0x6,4x95 м	0,80	132
	5,0x75 м	0,875	70
	4,0x60 м	0,90	42
	3,6x56 м	0,91	31
Сухой, печи с циклонными теплообменниками и декарбонизатором	4,5x80 м	0,85	125
	5,0x100 м	0,82	210
	4,0x60 м	0,90	87
	3,6x56 м	0,91	67

Проектная производительность завода по цементу определяется ассортиментом продукции, предусмотренным в задании на проектирование. Для расчета необходимы следующие данные:

- 1) доля цемента каждого вида от общего выпуска цемента на проектируемом предприятии;
- 2) максимальное содержание добавок в цементе каждого вида.

При расчете производительности завода по цементу содержание в нем гипса принимается равным 5 % (сверх 100 %).

Производительность по цементу ( $Q_{це}$ , т в год) рассчитывается по формуле:

$$Q_{це} = \frac{Q_{кл} \cdot 100}{M_{ср} \cdot 0,95}, \quad (4)$$

где  $Q_{кл}$  — производительность завода по клинкеру, т/год;  
 0,95 — коэффициент, учитывающий содержание гипса;  
 $M_{ср}$  — средневзвешенное содержание клинкера, масс.%, в цементах всех видов и марок на проектируемом предприятии. « $M_{ср}$ » рассчитывается по формуле

$$M_{ср} = \frac{N_1(100 - D_1) + N_2(100 - D_2) + \dots + N_i(100 - D_i)}{100}, \quad (5)$$

где  $D_1$  — содержание добавок в цементе первого вида (марки), масс.%;  
 $D_2$  — содержание добавок в цементе второго вида (марки), масс.%;  
 $D_i$  — содержание добавок в цементе  $i$  — того вида (марки), масс.%;  
 $N_1, N_2, \dots, N_i$  — доля в общем выпуске цемента каждого вида, масс.%, при условии что  $N_1 + N_2 + \dots + N_i = 100$  %.

Так, например, если на проектируемом заводе предполагается выпуск:  
 шлакопортландцемента с 60 % шлака – 40 %,  
 портландцемента с минеральными добавками Д-20 – 15 %,  
 портландцемента Д-5 — 45 %, то средневзвешенное содержание клинкера

$$M_{ср} = \frac{40(100 - 60) + 15(100 - 20) + 45(100 - 5)}{100} = 70,75 \%$$

### 2.3.7 Материальный баланс

Расчет материального баланса цементного завода является основой для выбора технологического оборудования и технико-экономической оценки проектируемого предприятия.

Материальный баланс определяет потребность завода в сырье, топливе, добавках и вспомогательных материалах, необходимых для технологического процесса: воды, сжатого воздуха, разжижителей шлама, интенсификаторов помола, футеровочных материалов и т.д.

В материальном балансе определяется также количество промежуточных продуктов технологии: клинкера, сырьевой муки, шлама и готового продукта – цемента различных видов [1].

В данном разделе курсового проекта выполняется расчет материального баланса только для основного технологического потока: сырьевая смесь – клинкер – цемент без учета расхода топлива, воды и т.д.

Для расчета материального баланса необходимо иметь следующие исходные данные:

- типоразмер и количество печей (технологических линий) для производства портландцементного клинкера (в задании на курсовой проект);
- удельный расход сырьевых материалов по данным расчета сырьевой смеси (п. 2.3.3);
- ассортимент выпускаемой продукции (в задании на курсовой проект);
- процент ввода добавок и гипса для цементов всех видов (п. 2.3.1 – характеристика выпускаемой продукции);
- влажность сырьевых материалов (п. 2.3.2 – описание исходных сырьевых материалов);
- влажность шлама при мокром способе производства (принимается в курсовом проекте от 35 % до 42 %).

При расчете материального баланса учитываются также производственные потери суммарно по всему переделу:

- сырьевых материалов – 0,5 %
- цемента – 0,5 %
- клинкера -0,5 %
- добавок и гипса – 1,0 %

Пример расчета [1]

Исходные данные:

часовая производительность печи — 125 т;

количество технологических линий — 1;

коэффициент использования печи — 0,90.

Расход известняка:

Удельный расход — 1,45 т/на 1 т клинкера.

Влажность — 10 %.

Удельный расход с учетом 0,5 % производственных потерь — 1,46 т/на 1 т клинкера.

Расход в час:  $1,46 \cdot 125 = 182,2$  т сухого.

202,4 т влажного.

Расход в сутки:  $182,2 \cdot 24 = 4373$  т сухого.

4859 т влажного.

Расход в год при  $K_{\text{н}} = 0,9 \cdot 437 \cdot 365 = 1436530$  т сухого.

1596144 т влажного.

Аналогично рассчитываются другие статьи баланса по материалам, обеспечивающим непрерывное питание печей: глины, корректирующих доба-



вок: разжижителей шлама, сухой сырьевой смеси, шлама с заданной влажностью.

Расход гидравлических добавок:

Производительность по клинкеру

$$Q_{\text{кл}} = 125 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,9 = 985500 \text{ т в год.}$$

Производительность по цементу

$$Q_{\text{цем}} = \frac{985500}{M_{\text{ср}} \cdot 0,95} = \frac{985500}{0,7075 \cdot 0,95} = 1466300 \text{ т в год.}$$

$M_{\text{ср}}$  — средневзвешенное содержание клинкера в цементе — 70,75 %

Расход добавки (например, шлама) в год: 407433 сухого, 462992 ч с влажностью 12 %.

Расход шлама в сутки:

$$407433 : 300 = 1358 \text{ т сухого}$$

$$1543 \text{ т влажного (12 \%)},$$

где 300 — число рабочих дней в году отделения сушки шлама.

Расход шлама в час

$$1358 : 24 = 56,6 \text{ т сухого.}$$

$$64,3 \text{ т влажного (12 \%).}$$

Аналогично рассчитываются статьи баланса по таким материалам как цемент, гипс, добавки-интенсификаторы помола (исходя из режима работы цементных мельниц — 307 дней в году, 24 часа в сутки). Пример формы записи материального баланса цементного завода исходя из вышеприведенных исходных данных (1 технологическая линия с печью 125 т клинкера в час) представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Материальный баланс завода

Наименование	Удельный расход на 1 т клинкера	Потребность			Примечание
		в час	в сутки	в год	
1	2	3	4	5	6
Известняк, т:					
сухой	1,46	182	4373	1436530	
с влажностью 10 %		202	4859	1596144	
Глина, т:					
сухая	0,13	16	390	128115	
с влажностью 28 %		23	542	177942	

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
Огарки, т	0,02	2,5	60	19710	
Сухая сырьевая смесь, т	1,61	20	4830	1586655	
Шлам с влажностью 38 %, м <sup>3</sup>	1,63	204	4890	1606365	Плотность шлама принята 1,6 т/м <sup>3</sup>
Разжижитель шлама, т (ЛСТ, 50 % концентрации)	0,0032	0,4	9,6	3154	Расход ЛСТ– 0,1 % от массы сухой сырьевой смеси.
Клинкер, т	-	125	3000	985500	
Цемент, т	-	208	4776	1466300	При режиме работы отделения цементных мельниц 307 дней в году и 24 ч в сутки
Гипс, т		10	239	73315	то же
Шлак, т:					При режиме работы 300 дней в году и 24 ч в сутки
сухой	-	57	1358	407433	
с влажностью 12 %	-	64	1543	462992	
Интенсификатор помола, т		0,10	2,4	733	Принято 0,05 % от массы цемента

### 2.3.8 Выбор и расчет основного технологического оборудования

Выбор оборудования осуществляется исходя из проектной мощности завода и материального баланса, которыми определяется количество материалов, применяемых в технологическом процессе производства цемента от добычи сырья до отгрузки цемента.

На основе технологической схемы и часовой потребности в материалах производится выбор оборудования по соответствующим справочным данным [1,10,14] и каталогам заводов – изготовителей (интернет-сайты).

При выборе оборудования учитываются физические свойства материалов, способы их последующей переработки, а также экономические факторы,

влияющие на технико-экономические показатели проекта (удельные капиталовложения, энергозатраты и др.).

В данном разделе осуществляется выбор только основного технологического оборудования: дробильные и помольные установки для сырьевых материалов и добавок, печные агрегаты для обжига клинкера с холодильником, агрегаты для помола цемента, сушильные установки для сырьевых компонентов и минеральных добавок, упаковочные машины для цемента.

Приводится краткое описание основных характеристик выбранного оборудования.

Результаты подбора оборудования сводятся в таблицу 8.

Таблица 8 – Ведомость оборудования

Наименование	Тип (размеры)	Количество перерабатываемого материала, т в час	Паспортная производительность оборудования, т в час	Количество единиц оборудования	Ки
--------------	---------------	---	---	--------------------------------	----

При расчете количества единиц оборудования необходимо учитывать коэффициенты использования (Ки), значение которых приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Коэффициенты использования технологического оборудования

Наименование агрегата	Ки
Агрегаты для дробления карбонатного сырья	0,47-0,56
Агрегаты для дробления и подсушки гипса	0,75
Штабелеукладчики карбонатного сырья	0,47-0,56
Штабелеразборщик усреднительного склада	0,77
Агрегат для помола и сушки сырья с вертикальной тарельчато-роликовой мельницей	0,77
Агрегат для помола и сушки с трубной (шаровой) мельницей	0,77
Мельница мокрого самоизмельчения «Гидрофол»	0,80
Трубная (шаровая) стержневая мельница мокрого помола сырья	0,82
Агрегаты для размолы цемента:	
по открытому циклу	0,82
по замкнутому циклу	0,80
Сушильный барабан	0,85
Установки для сушки в кипящем слое	0,80

### 2.3.9 Расчет расходных бункеров и складов сырьевых материалов, клинкера, добавок, цемента

Для обеспечения непрерывного питания оборудования и удобства дозирования используются бункера, рассчитанные на двух-четырёх часовую производительность соответствующих агрегатов.

Объем бункера вычисляют по формуле

$$V_6 = \frac{Pr \cdot \phi}{c_n \cdot k_3 \cdot n}, \quad (6)$$

где  $V_6$  – объем бункера, м<sup>3</sup>;

$Pr$  - часовой расход соответствующего материала (таблица 7), т;

$\tau$  – время запаса, ч;

$\rho_n$  - насыпная плотность материала (приложение Ж)

$K_3$  - коэффициент заполнения бункера (0,8-0,9)

$n$  – количество одновременно работающего оборудования, шт.

Объем одного расходного бункера должен быть не более 80 м<sup>3</sup>, геометрические размеры бункера выбирают с учетом габаритов помещения.

Бункера устанавливаются перед дробильным оборудованием, сушильными и помольными агрегатами.

В зависимости от технологического назначения и физических характеристик хранящихся материалов склады подразделяют на:

- склады кусковых материалов (сырьевых материалов, добавок, клинкера, гипса);
- склады сырьевой муки и сырьевого шлама;
- склады цемента;
- склады вспомогательных материалов (горючесмазочных, ПАВ, огнеупоров и др.)

Тип склада для хранения сыпучих материалов выбирается в зависимости от их физических свойств – влажности, крупности кусков, степени пластичности и угла естественного откоса.

Типами складов для хранения разнородных материалов являются склады, оборудованные грейферными кранами, бункерные и силосные склады. Для усреднения сырья могут использоваться эстакадно-гравитационные склады. Хранение сухих кусковых, мелкокусковых и сыпучих материалов организуется в большинстве случаев в бункерных или силосных емкостях (твердый известняк, прошедшая предварительную сушку глина, гидравлические добавки, огарки, клинкер и т.п.).

Смесительные коррекционные силосы служат для приготовления и хранения сырьевой муки постоянного и заданного состава.

Для приготовления и хранения сырьевых шламов используются два типа бассейнов – вертикальные и горизонтальные.

Для хранения цемента используются силосы.

В соответствии с выбранный в проекте технологической схемой производства цемента, нормативным запасом материалов, типом склада рассчитывается требуемая емкость каждого вида склада (сырьевых материалов, добавок, сырьевой смеси, клинкера и цемента) и выбираются его размеры [1, с. 269-280].

### 2.3.10 Расчет потребности в электроэнергии

Расход электроэнергии устанавливается исходя из технических характеристик основного оборудования (таблица 10).

Таблица 10 – Расход электроэнергии

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Мощность электродвигателей, кВт		Коэффициент использования, Ки	Число часов работы в год	Годовой расход электроэнергии, кВт·ч
		единицы	общая			

Полученный суммарный годовой расход электроэнергии увеличивают на 40 % для учета расхода электроэнергии вспомогательным оборудованием.

### 2.3.11 Определение численности работающих

Списочная численность производственного персонала завода определяется на основании принятой структуры управления предприятием, явочной численности трудящихся и коэффициента подмены при переходе от явочного к списочному составу с учетом действующих нормативов.

Явочная численность основных производственных рабочих устанавливается исходя из принятого режима работы подразделений, количества рабочих мест по обслуживанию оборудования, максимального использования рабочего времени, совмещения профессий рабочих, уровня автоматизации технологических процессов.

Ориентировочный расчет явочной численности рабочих основных производственных подразделений и цехового персонала завода, выполненный на основе примера [15, с.100-106], для заводов, работающих по сухому или мокрому способу производства, сводится в таблицу 11.

Таблица 11 – Расчет явочной численности рабочих

Наименование производственных отделений и основных профессий	Количество рабочих, человек		Трудозатраты, чел·ч	
	явочное в сутки	в т.ч. в наиболее многочисленную смену	в сутки	в год

Списочная численность определяется как сумма явочной численности рабочих и численности подменных рабочих. Численность подменных рабочих рассчитывается по отдельным цехам предприятия умножением численности явочных рабочих на коэффициент подмены. Коэффициент подмены принимается равным 0,14, 0,33 и 0,59 в зависимости от режима работы цеха (260, 305 и 365 дней соответственно).

### **2.3.12 Контроль сырья, технологического процесса и готовой продукции**

Технологический контроль представляет собой систему информации, непрерывно описывающую состояние технологического процесса, качества сырья и продукции в течение всего периода эксплуатации предприятия.

На основании данных технологического контроля осуществляется управление технологическим процессом, обеспечивается получение продукта заданного качества и оптимизация технико-экономических показателей работы предприятия.

На цементных заводах функции технологического контроля производства распределяются между обслуживающим персоналом основного производства, центральной заводской лабораторией и отделом технического контроля.

В данном разделе курсового проекта в соответствии с выбранной технологией производства разрабатывается схема технологического контроля в форме таблицы [1, с. 161-167].

### **2.4 Безопасность и экологичность проекта**

В данном разделе необходимо разработать комплекс мероприятий по созданию нормальных условий труда, мер по предупреждению несчастных случаев [11, 16].

Также должны быть изложены мероприятия, предусматривающие охрану окружающей среды от вредных воздействий на нее в результате производственных процессов. Эти мероприятия должны обеспечивать охрану ат-

мосферного воздуха, поверхностных и подземных вод от загрязнений, охрану недр, рекультивацию [1].

## 2.5 Технико-экономические показатели

Для оценки эффективности принятых проектных решений рассчитываются технико-экономические показатели предприятия и сравниваются с показателями действующих аналогичных предприятий [15].

Таблица 12 – Основные технико-экономические показатели

Наименование	Ед. измерения	Проектное значение	Справочные данные в зависимости от способа производства	
			Мокрый	Сухой
Мощность предприятия	млн. т/год		1-3	2-4
Списочный состав работающих	чел.		100-200	150-300
Трудоемкость	чел·ч/т		0,2-0,3	0,2-0,4
Годовая выработка на одного работающего основного производства	т/чел.		11900-12600	9500-10200
Удельный расход электроэнергии	кВт·ч/т		95-110	110-135

## 2.6 Заключение

Заключение должно содержать краткое обобщение принятых проектных решений, анализ их эффективности, выявленных недостатков, рекомендации по их устранению.

## Список использованных источников

- 1 Зозуля, П.В. Проектирование цементных заводов / П.В. Зозуля. – СПб.: Синтез, 1995. – 445 с.
- 2 СТП 101-00 Стандарт предприятия. Общие требования и правила оформления выпускных квалификационных работ, курсовых проектов (работ), отчетов по РГР, по УИРС, по производственной практике и рефератов – Введ. 25.12.2000 – Оренбург: ОГУ, 2000. – 62 с.
- 3 ГОСТ 30515-97. Цементы. Общие технические условия. – Введ. 01.10.98. – М. : ГУП ЦПП, 1998. – 40 с.
- 4 ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия. – Введ. 01.09.04. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 24 с.
- 5 ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. – Введ. 01.01.88. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 11 с.
- 6 Солдатенко, Л.В. Расчет состава трехкомпонентной портландцементной сырьевой смеси [Электронный ресурс]: прикладная программа учебного назначения / Л.В. Солдатенко, М.П. Гунченко – Электрон. дан. и прогр. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2007. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования : IBM PC 686; 64 Мб; MS Windows 9. X/NT 5.x; 265 Кб. - № регистрации 236.
- 7 Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества / А.В. Волженский, Ю.С. Буров, В.С. Колокольников. – М. : Стройиздат, 1979. – 479 с.
- 8 Данюшевский, С.И. Справочник по проектированию цементных заводов / под ред. С.И. Данюшевского. - Л. : Стройиздат, 1969. - 24 с.
- 9 Семендяев, А.Ф. Проектирование цементных и асбесто-цементных заводов / под ред. А.Ф. Семендяева. - Л. : Стройиздат, 1966. - 350 с. : ил.
- 10 Журавлев, М. И. Механическое оборудование предприятий вяжущих материалов и изделий на базе их: учеб. для вузов / М. И. Журавлев, А. А. Фоломеев; под ред. В. М. Сенянского.- 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 2005. - 232 с. : ил.
- 11 Бутт, Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычёв, В.В.Тимашев. – М. : Высшая школа, 1980. – 471 с.
- 12 Сулименко, Л.М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе / Л.М. Сулименко. – М. : Высшая школа, 2000. – 302 с.
- 13 Дуда, В. Цемент / В. Дуда; под ред. Б.Э. Юдовича. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с. : ил.
- 14 Таранухин, Н. А. Справочник молодого рабочего цементного производства / Н. А. Таранухин, Б. В. Алексеев. – М. : Высш. шк., 1990. – 175 с. : ил.
- 15 Ведомственные нормы технологического проектирования цементных заводов (ВНТП 06-91) от 29 января 1992 г. – СПб. : [б.и.], 1991. – 178 с.
- 16 Правила техники безопасности и производственной санитарии в промышленности строительных материалов. Часть II. Раздел 1. Правила техники безопасности и производственной санитарии в цементной промышленности. – М. : Стройиздат, 1981. – 39 с.



# Приложение А

(обязательное)

## Пример задания на курсовой проект

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Архитектурно – строительный факультет  
Кафедра технологии строительных материалов и изделий

## Задание на курсовой проект

Предприятие по производству портландцемента

Исходные данные:

- 1 Одна технологическая линия
- 2 Печи  $\varnothing 4,5 \times 80$ м
- 3 Сырье: известняк 1, глина 2
- 4 Топливо: газ
- 5 Модули клинкера:  $KH=0,89$ ;  $n=2,50$
- 6 Ассортимент продукции: ПЦ Д20-50 %; ШПЦ-50 %
- 7 Корректировка сырьевой смеси песком или огарками.
- 8 Влажность компонентов выбрать самостоятельно.

Разработать:

- 1 Пояснительную записку согласно методическим указаниям.
- 2 Схему предприятия (лист формата А2).
- 3 План и разрез цеха (лист формата А1).

Дата выдачи задания  
Руководитель  
Исполнитель  
студент группы 06 ПСК-1  
Срок защиты проекта

«05» февраля 2009г.  
Рубцова В.Н.  
Арсланова Р.  
«25» апреля 2009г.

## Приложение Б (обязательное)

### Химический состав сырьевых компонентов

Таблица Б.1 – Химический состав сырьевых компонентов

Наименование	Химический состав, %						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	прочие	ППП	сумма
Известняк 1	0,80	0,49	1,30	55,24	-	42,17	100
Известняк 2	2,75	0,36	0,35	53,58	0,6	42,36	100
Известняк 3	2,36	0,93	0,88	53,90	0,85	41,08	100
Известняк 4	5,08	1,20	0,60	52,44	0,76	39,95	100,03
Известняк 5	16,90	2,86	1,35	42,83	1,1	33,93	98,97
Известняк 6	1,35	0,59	0,17	54,01	0,94	42,94	100
Глина 1	73,79	14,98	3,65	2,71	2,04	2,83	100
Глина 2	48,61	15,59	5,60	9,50	10,65	10,05	100
Глина 3	68,40	12,53	5,29	3,58	-	6,62	96,42
Глина 4	55,48	27,50	0,60	5,01	0,21	11,86	100,66
Огарки	13,40	2,83	71,50	2,21	-	-	89,94
Песок	97,10	1,47	0,13	0,43	0,58	0,29	100





# Приложение Д

(обязательное)

## Образец титульного листа

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Архитектурно-строительный факультет

Кафедра технологии строительных материалов и изделий

## КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Вязущие вещества»

Предприятие по производству портландцемента

Пояснительная записка

ГОУ ОГУ 270106.4209.03ПЗ

Руководитель проекта

\_\_\_\_\_ Рубцова В.Н.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2009г.

Исполнитель

студент гр. 06 ПСК-1

\_\_\_\_\_ Стуликова А.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2009г.

Оренбург 2009

# Приложение Е

(обязательное)

## Схема производства цемента

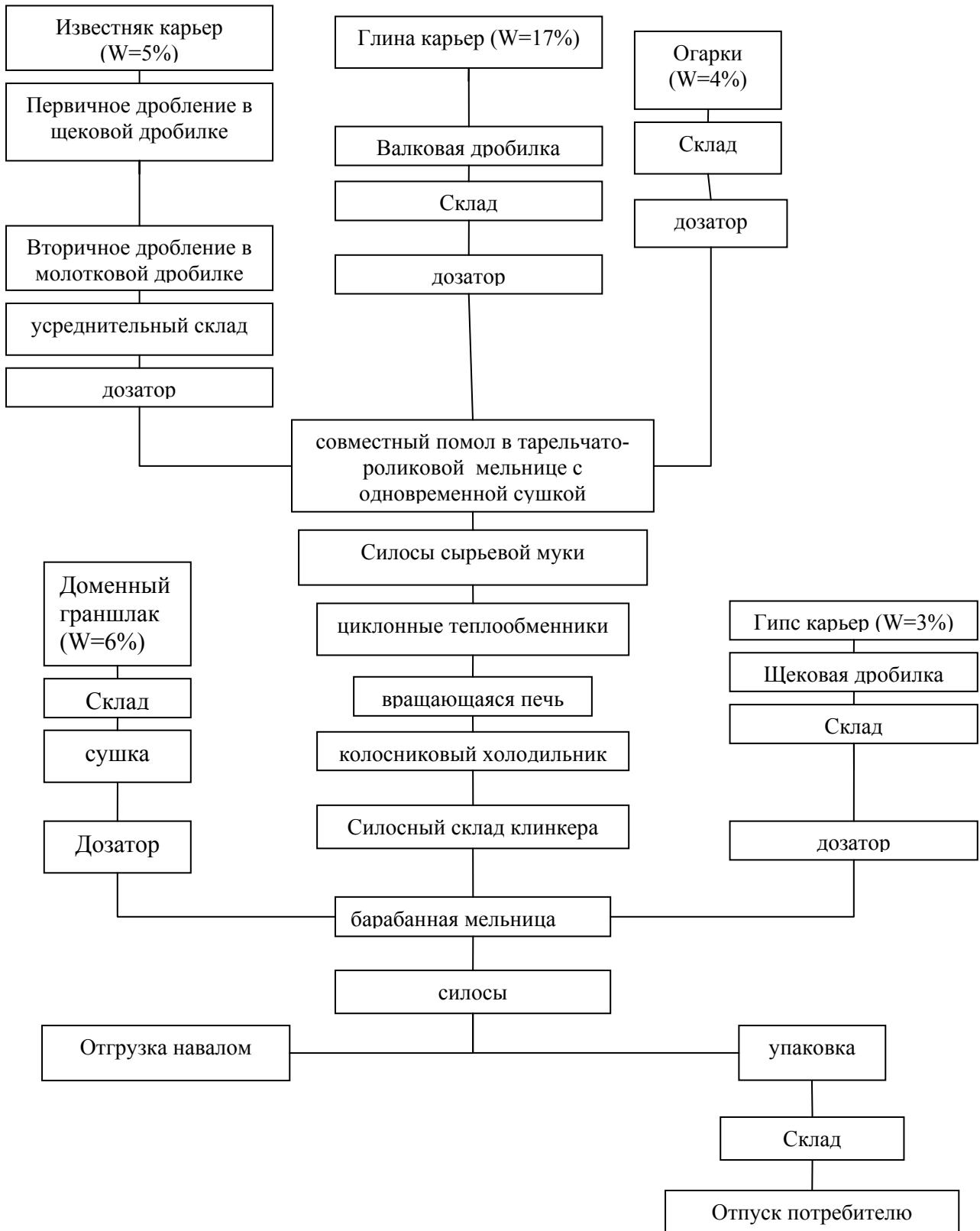


Рисунок Е 1 – Схема производства цемента

**Приложение Ж**  
*(обязательное)*  
**Насыпные плотности материалов**

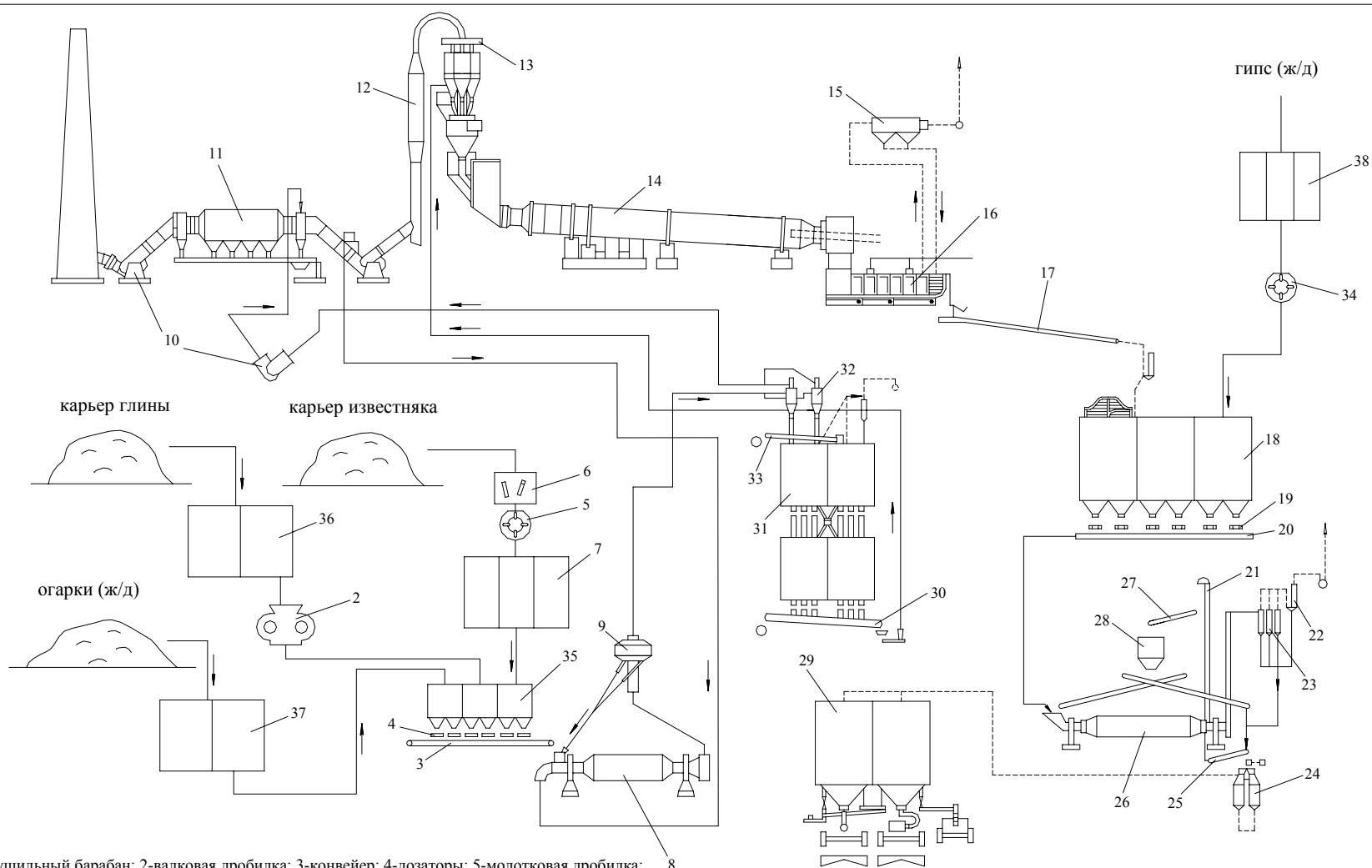
Таблица Ж.1 – Насыпные плотности и углы естественного откоса

Наименование материала	Насыпная плотность, т/м <sup>3</sup>	Угол естественного откоса, град.
1	2	3
Известняк:		
1) крупнодробленый;	1,5-1,8	40
2) после вторичного дробления.	1,4-1,6	30-35
Глина:	1,6-1,8	-
1) дробленая влажная;	1,4-1,6	-
2) дробленая сухая;	1,6-2,0	-
3) недробленая влажная.	1,4-1,5	-
Песок:		
1) сухой;	1,6	35
2) влажный.	1,8	40
Огарки пиритные	1,6	-
Гипс:		
1) с размером куска более 100 мм;	1,45	30
2) дробленый мелкокусковой.	1,35	40
Клинкер вращающихся печей	1,5-1,65	33
Шлаки доменные гранулированные:		
1) влажные;	0,7-1,0	-
2) сухие.	0,5-0,8	35
Цемент	1,2	-
Сырьевая мука	1,0	-

# Приложение В

(обязательное)

## Образец. Технологическая схема

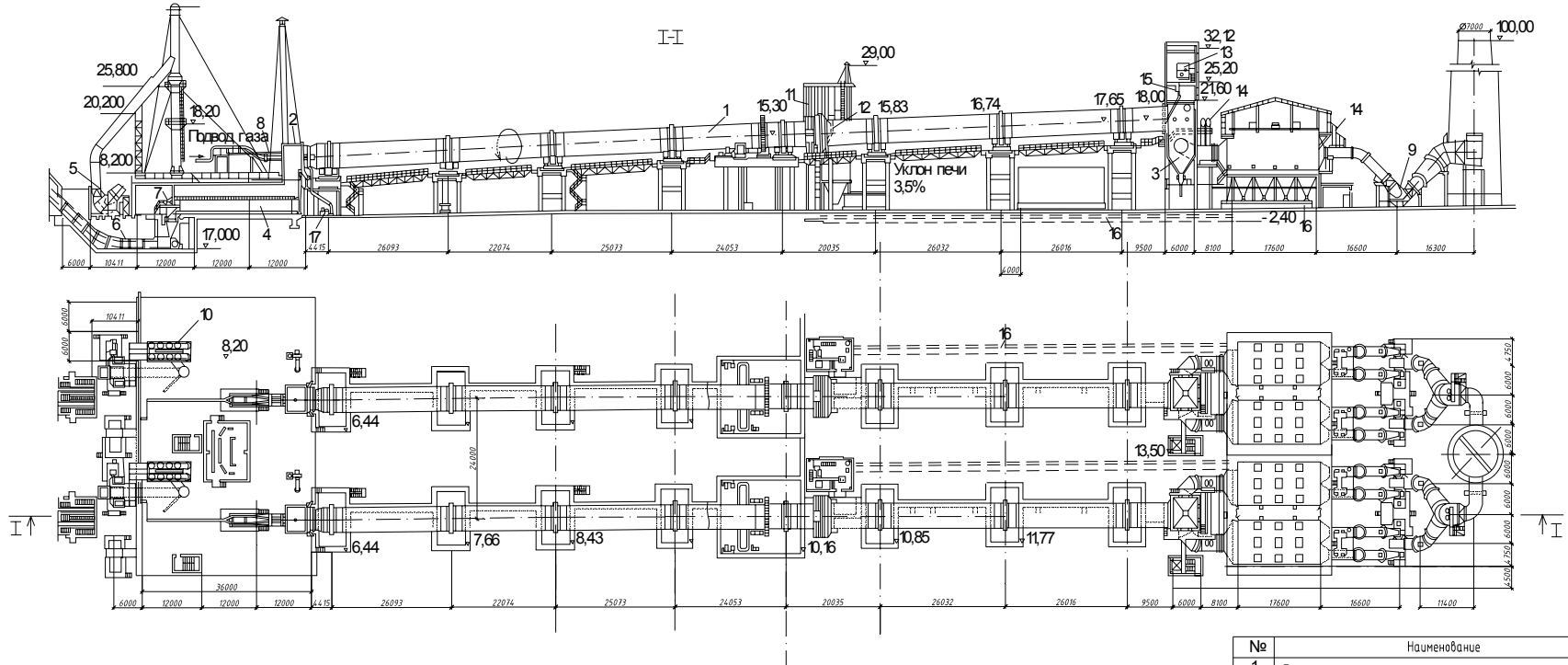


1-сушильный барабан; 2-валковая дробилка; 3-конвейер; 4-дозаторы; 5-молотковая дробилка; 8-барабанная мельница; 9-сепаратор; 6-щелевая дробилка; 7-усреднительный склад; 8-барабанная мельница; 9-сепаратор; 10-дымососы; 11-электрофильтр; 12-скруббер; 13-циклонные теплообменники; 14-вращающаяся печь; 15-холодильник-электрофильтр; 16-холодильник; 17-пластинчатый конвейер; 18-силосный склад; 19-дозаторы; 20-ленточный конвейер; 21-элеватор; 22-аспирационные устройства; 23-циклоны; 24-пневмокамерный насос; 25-аэрожелоб; 26-барабанная мельница; 27-аэрожелоб; 28-центробежный сепаратор; 29-силосный склад; 30-аэрожелоб; 31-склад сырьевой муки; 32-циклоны; 33-аэрожелоб; 34-молотковая дробилка; 35-бункера; 36-склад глины; 37-склад огарков; 38-склад гипса.

<b>ОГУ 270106. 4 2 0 9. 0 3</b>			
<b>Предприятие по производству портландцемента</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Кол.уч.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.</i>
<i>Разработал</i>	<i>Арсланова Р.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>
<i>Проверил</i>	<i>Рудцова В.Н.</i>		
<i>Н.контр.</i>			
<i>Утв.</i>			
<b>Технологическая схема</b>		<b>Стадия</b>	<b>Лист</b>
		<b>У</b>	<b>1</b>
		<b>Листов</b>	
		<b>АСФ, 06 ПСК -1</b>	



# Приложение Г (обязательное) Образец. План и разрез цеха обжига



№	Наименование
1	Печь
2	Головка печи
3	Дымовая камера
4	Холодильник
5	Вентилятор
6	Транспортер
7	Дробилка
8	Горелки газовые
9	Дымосос
10	Уст-а для обезпыливания
11	Бункер для пыли
12	У-во кольцевого питателя
13	Питатель шлама
14	Взрывопреохран. клапаны
15	У-во расхода шлама
16	Шнеки
17	Вентилятор уплотнения

ГОУ ОГУ 270106. 4209. 03  
Предприятие по производству  
портландцемента

Имя	Иванов	Дмитрий	Михайлов	Рабочий	Дата
Разработчик	Иванов	Дмитрий	Михайлов	1	
Проверен	Иванов	Дмитрий	Михайлов	2	

**Цех обжига**

Лист	1	2
У	1	2

**План и разрез цеха обжига**

АСФ, ОБСК-1

