МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра строительных материалов

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Вяжущие вещества» для студентов 3 курса, специальность 270800.62

Казань
2014

УДК 666.9.02
ББК 38.32
К18

К18 Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Вяжущие вещества» для студентов 3 курса, специальность 270800.62 / Сост.: З.А. Камалова, М.И. Халиуллин, Н.Р. Рахимова. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2014. – 48 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Настоящие методические указания переработаны в соответствии с рабочей программой курса «Вяжущие вещества» для высших учебных заведений и учебным планом, утвержденным Ученым советом университета.

Табл. 16; библиогр. 72 наимен.; прил. 2.

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент кафедры ТСМИиК
КГАСУ
Г.Г. Ушакова

УДК 666.9.02
ББК 38.32

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2014

© Камалова З.А., Халиуллин М.И., Рахимова Н.Р., 2014

1. ВВЕДЕНИЕ

Содержанием курсовой работы является разработка технологии производства вяжущего или изделия на его основе с подбором и компоновкой оборудования. Цель курсовой работы по дисциплине «Вяжущие вещества» – закрепление студентами теоретических разделов курса, углубление знаний по производству одного из видов вяжущих веществ, развитие навыков по расчету и подбору технологического оборудования.

При разработке курсовой работы студент должен широко использовать специальную техническую литературу, проектные материалы и данные о производственном опыте передовых предприятий, а также новейшие достижения науки и техники, обеспечивающие высокие технико-экономические показатели производства вяжущих веществ.

Результатами курсовой работы, представляемого к защите, являются пояснительная записка с описанием и обоснованием принятых проектных решений и необходимыми технологическими расчетами, а также графическая часть, содержание которой и требования к ней излагаются далее.

2. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ

Курсовая работа выполняется по одной из следующих тем.

- Цех подготовки сырья завода по производству портландцемента.
- Цех обжига портландцементного клинкера.
- Цех по производству негашеной (гашеной) извести.
- Цех по производству силикатного кирпича или других силикатных изделий.
- Цех по производству строительного или высокопрочного гипса.
- Цех по производству гипсовых перегородочных панелей, панелей оснований пола или сухой штукатурки.
- Цех помола смешанных вяжущих веществ.

3. СОСТАВ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа состоит из графической части и расчетно-пояснительной записки.

Графическая часть работы состоит из технологической схемы производства на миллиметровой бумаге, включаемой в расчетно-пояснительную записку.

Технологическая схема производства выполняется с указанием всей цепи машин и аппаратов в технологической линии с экспликацией принятого оборудования.

Расчетно-пояснительная записка выполняется на бумаге формата А4 (297х210 мм) чернилами, четко и разборчиво от руки и должна соответствовать требованиям ЕСКД к текстовым документам. Объем расчетно-пояснительной записки должен составлять 20-30 страниц.

4. СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Расчетно-пояснительная записка в курсовой работе должна содержать следующие разделы.

4.1. Введение

Во введении дается историческая справка и классификация минеральных вяжущих веществ, а также краткий обзор состояния и перспективы развития производства данного вяжущего или изделия на его основе и применения их в строительстве с учетом последних научных данных и передового производственного опыта (отечественного и зарубежного).

4.2. Сырьевые материалы и основные свойства выпускаемой продукции

4.2.1. Выбор сырьевых (исходных) материалов и их характеристика

В этом разделе должны быть охарактеризованы требования, предъявляемые к составу и свойствам сырьевых материалов, предназначенных для изготовления вяжущего или изделия на его основе, и приведены конкретные данные о выбранных или назначенных к использованию сырьевых материалах. При этом должны содержаться ссылки на соответствующие ГОСТы.

4.2.2. Характеристика выпускаемой продукции

В этом разделе должны быть охарактеризованы требования к составу и свойствам предусмотренной к выпуску продукции (вяжущие, изделия из них или полуфабрикаты) и область ее практического применения со ссылкой на действующие ГОСТы или технические условия.

4.3. Выбор способа и описание технологического процесса

Выбор способа производства осуществляют путем сравнения между собой нескольких возможных способов получения данного вяжущего, их достоинств и недостатков. Для этого необходимо по литературным данным и сведениям, полученным в проектных организациях и на заводах, провести технико-экономический анализ показателей действующих предприятий, работающих по разным технологиям, и принять тот способ, который имеет преимущества перед другими.

Описание технологической части должно быть четким, исчерпывающим и кратким. Главное внимание должно быть уделено обоснованию принятых технологических решений, назначению технологических операций, выбору оборудования и режимов его работы. При описании технологии необходимо делать ссылки на графические материалы (технологическую схему, чертежи цеха), использованные литературные источники и другие информационные материалы.

В этом же разделе должны быть освещены вопросы, связанные с контролем производства, а также охраной труда и окружающей среды, т.е. выделены следующие подразделы: «Контроль производства», «Охрана труда и техника безопасности», «Охрана окружающей среды».

4.4. Технологические расчеты и подбор оборудования

Этот раздел должен включать в себя: выбор режима работы цеха (или отделения); составление материального баланса производства 1 тонны вяжущего; определение потребности цеха в сырье; расчет и подбор основного технологического оборудования с заполнением ведомости оборудования; расчет потребности цеха в электроэнергии.

4.5. Основные технико-экономические показатели

В конце записки нужно дать краткое заключение о принятых технологических решениях и привести следующие показатели.

- Номенклатура продукции.
- Производительность цеха в натуральных единицах.
- Режим работы: рабочих дней в году_____
  рабочих смен в году_____
- Расход сырья: общий_____

на 1 тонну продукции_____

- Удельный расход электроэнергии. кВт.
- Удельный расход условного топлива.
- Съем продукции с 1 м^2 производственной площади.

4.6. Перечень использованной литературы

В конце расчетно-пояснительной записки необходимо привести список использованной литературы с указанием фамилии и инициалов авторов, полного названия книги, места издания, издательства, года издания, страницы.

5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

5.1. Режим работы цеха

Режим работы цеха определяется в зависимости от характера производства и в соответствии с нормами технологического проектирования. Цех обжига, как правило, работает в три смены по режиму непрерывной недели. Цех подготовки сырья (дробления или помола) чаще всего работает в две смены по режиму прерывной недели.

В этом случае необходимо предусмотреть дополнительные складские помещения и бункеры для создания запаса подготовленных материалов и полуфабрикатов.

При расчете годового фонда времени работы технологического оборудования необходимо учитывать коэффициент его использования ($К_и$) в зависимости от остановки на капитальный и текущий ремонт. $К_и$ принимается равным 0,80-0,95 [7; 8]. В дальнейшем эти коэффициенты уточняются по отдельным видам оборудования.

Производительность цеха по готовой продукции определяется по формулам:

$$П_{сут} = \frac{П_{год}}{C_p}, \qquad (1)$$

где $П_{год}$ – заданная годовая производительность цеха, т;

C_p – расчетное количество рабочих суток в году;

$C_p = 365 К_и$.

$$П_{смен} = \frac{П_{год}}{C_p \cdot n}, \qquad (2)$$

где n – число смен.

$$П_{час} = \frac{П_{год}}{Г_{вр}}, \qquad (3)$$

где $Г_{вр}$ – годовой фонд рабочего времени.

$Г_{вр}$ – 24х365х0,91=7970 (при трехсменной круглогодичной работе).

$Г_{вр}$ – 16х262х0,943=3952 (при двухсменной работе и при прерывной неделе).

$Г_{вр}$ – 23х253+8х52=6235 (при трехсменной работе и при прерывной неделе).

5.2. Составление материального баланса

Предварительно производится расчет теоретического удельного (на 1 тонну готовой продукции) расхода сырья. Если в процессе получения заданного вида вяжущего лежит химическое превращение (дегидратация двуводного гипса, разложение известняка), то расчет ведется по уравнению химической реакции.

Если происходит получение смешанного вяжущего (т.е. химическая реакция не имеет места), то подсчитывают расход материалов с учетом влажности и производственных потерь, которые принимаются от 1 до 3%.

Затем составляется материальный баланс производства единицы готовой продукции, в приходной части которого рассчитывается масса сырья, поступающего в производство, а в расходной части – масса получаемого продукта и потерь, имеющих место при переработке данного вида сырья.

Таблица 1

Материальный баланс производства 1 тонны вяжущего

Приход			Расход		
Наименов. материалов	Ед. изм.	Количество	Наименов. материалов	Ед. изм.	Количество
1.			1.Вяжущее		
2.			2.Потери		
ИТОГО:			ИТОГО:		

5.3. Определение потребности цеха в сырье

Расчет производится на год, сутки, смену, час на основании удельного расхода сырья по формуле: $Р_м = П \bullet Р_у$ (4) – где $Р_м$ – расход сырья в час, смену, сутки и год, в тоннах;

$П$ – производительность цеха соответственно в час, смену, сутки, год, в тоннах;

P_y – удельный расход сырья, в т/т готовой продукции с учетом естественной влажности и производственных потерь (табл. 1).

Результаты этих расчетов записываются в табл. 2.

Таблица 2

Потребность цеха в сырье

Наименование сырья	Ед.изм.	Расходы			
		в час	в смену	в сутки	в год
1	2	3	4	5	6

5.4. Расчет и выбор основного технологического оборудования

В данном разделе приводится подбор основного типового оборудования по заданной производительности проектируемого цеха и расчет количества машин, необходимых для выполнения заданной программы. Расчет производится, начиная с основного оборудования, а затем рассчитываются вспомогательное и транспортное оборудование.

Определив потребную производительность для каждой операции, подбирают соответствующее оборудование по каталогам и справочникам.

Количество каждого вида оборудования определяется по формуле

$$N = \frac{Пчас}{П_{пасп} \bullet K_и}, \qquad (5)$$

где $П_{час}$ – потребная производительность оборудования, т/ч;

$П_{пасп}$ – паспортная производительность выбранного оборудования;

$K_и$ – коэффициент использования по времени.

Техническая характеристика выбранного оборудования приводится в ведомости в виде таблицы.

Таблица 3

Ведомость оборудования цеха

Наименование и краткая характеристика оборудования	Ед.изм.	Количество	Примечание
1	2	3	4

5.5. Расчет потребности цеха в электроэнергии

Расход электроэнергии устанавливают расчетным путем, исходя из технических характеристик основного и транспортного оборудования (табл. 3). Расчет рекомендуется вести по форме, прилагаемой в виде табл. 4.

Таблица 4

Наименование оборудования с электродвигателем	Кол., ед. оборудов.	Мощность эл. двиг., кВт		Коэф. исп. по времени	Коэф. загружения по мощности	Часовой расход эл. энергии, кВт·ч
		един.	общ.			
1	2	3	4	5	6	7

Коэффициент использования по времени следует принимать в следующих пределах:

- для непрерывно действующего оборудования (шаровые мельницы, вращающиеся печи и др.) – 0,8-0,95;
- для аппаратов периодического действия (варочные котлы, запарочные аппараты) – 0,5-0,6;
- транспортное оборудование непрерывного действия (элеваторы, конвейеры, шнеки) – 0,8-0,9;
- транспортное и грузоподъемное оборудование повторно-кратковременного режима (скиповые подъемники, краны и др.) – 0,3-0,4.

Коэффициент загрузки по мощности условно можно определить по формуле:

$$K_{эм} = \frac{П_ч}{П_п \bullet \alpha}, \qquad (6)$$

где $K_{эм}$ – коэффициент загрузки мощности двигателя;

$П_ч$ – потребная производительность оборудования (найденная по расчету), т/ч;

$П_п$ – паспортная производительность оборудования, т/ч; α – коэффициент, зависящий от степени использования производительности оборудования.

Значения коэффициента α принимают:

$П_ч / П_п$	0,20-0,30	0,4-0,5	0,6-0,7	0,8-0,9
α	1,3	1,2	1,1	1,0

Часовой расход электроэнергии в кВт·ч получают умножением установленной мощности каждой машины (колонки 3 или 4, табл. 4) на коэффициенты использования по времени и загруженности по мощности (кол. 5 и 6, табл. 4).

Расход электроэнергии в смену, сутки, год устанавливают умножением часового расхода на соответствующее количество часов в смену, сутки, год. Удельный расход электроэнергии подсчитывается по формуле:

$$Э_{уд} = \frac{Э_{год}}{П_г}, \qquad (7)$$

где $Э_{уд}$ – удельный расход электроэнергии на товарную единицу продукции; $Э_{год}$ – годовой расход электроэнергии, кВт· ч; $П_г$ – производительность цеха в год в тоннах.

6. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕХА ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ И ЦЕХА ОБЖИГА НА ЦЕМЕНТНОМ ЗАВОДЕ

Выполнение курсовой работы по названным выше темам рекомендуется вести в следующей последовательности.

6.1. Расчет состава сырьевой смеси

Для определения норм расхода сырья производства 1 тонны клинкера и минералогического состава получаемого продукта необходимо рассчитать состав сырьевой смеси (шихты), т.е. определить процентное содержание в смеси каждого из сырьевых компонентов (известняка, глины).

Данный расчет выполняется на основании заданного химического состава сырья, приведенного к 100%, и числового значения коэффициента насыщения (КН). Расчет двухкомпонентной сырьевой смеси ведется в следующем порядке.

6.1.1. Принимаем следующие сокращенные обозначения главных окислов в клинкере, сырьевой смеси и ее компонентах (табл. 5).

6.1.2. Принимаем меньший по массе компонент (глинистый) за единицу, а больший компонент (карбонатный) выражаем через “X” частей этого компонента на 1 мас. часть. При этом состав смеси может быть выражен как X+1 мас. частей.

Таблица 5

Сокращенные обозначения главных окислов

Окислы	В клинкере	В сырьевой смеси	В 1-м компоненте	В 2-м компоненте
CaO	C	C_o	C_1	C_2
SiO_2	S	S_o	S_1	S_2
Al_2O_3	A	A_o	A_1	A_2
Fe_2O_3	F	F_o	F_1	F_2

6.1.3. Исходя из принятого в п.6.1.2 соотношения карбонатного и глинистого компонентов, можно написать следующие равенства

$$C_o = \frac{xC_1 + C_2}{x+1}; \qquad A_o = \frac{xA_1 + A_2}{x+1};$$

$$S_o = \frac{xS_1 + S_2}{x+1}; \qquad F_o = \frac{xF_1 + F_2}{x+1}.$$

6.1.4. Указанные в п.6.1.3 значения C_O, S_O, A_O, F_O подставляем в формулу коэффициента насыщения (КН):

$$KH = \frac{C_o - (1{,}65A_o + 0{,}3F_o)}{2{,}8S_o} \qquad (9)$$

и, решая полученное отношение относительно X, получаем расчетную формулу для определения соотношения между карбонатным (первым) и глинистым (вторым) компонентами:

$$X = \frac{2{,}8 \cdot KH \cdot S_2 + 1{,}65A_2 + 0{,}35F_2 - C_2}{C_1 - 2{,}8 \cdot KH \cdot S_1 - 1{,}65A_1 - 0{,}35F_1}. \qquad (10)$$

6.1.5. Содержание 1-го и 2-го компонентов сырьевой шихты в процентах определяем по формулам:

$$\frac{X \cdot 100}{X+1} \text{(карбонатный компонент)}, \qquad (11)$$

$$\frac{1 \cdot 100}{X+1} \text{ (глинистый компонент)}, \qquad (12)$$

где X, 1 – количество частей 1-го и 2-го компонентов, найденные в п.6.1.4.

6.1.6. Определяем химический состав сырьевой смеси и клинкера. Для этого надо все численные значения химического состава каждого компонента умножить на коэффициент пересчета:

$$K = \frac{a}{100}, \qquad (13)$$

где а – процентное содержание каждого из компонентов сырьевой смеси, найденное в п. 6.1.5.

Результаты подсчетов сводятся в табл. 6, где все цифровые данные суммируются по вертикали (это дает химический состав смеси) и горизонтали, что позволяет проверить правильность расчетов.

Таблица 6

Химический состав сырьевой смеси и клинкера

Компоненты сырьевой смеси	Химический состав, %							
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	nnn	сумма
1 компонент								
2 компонент								
Сырьевая смесь								
Клинкер								

Расчет предполагаемого химического состава портландцементного клинкера производится пересчетом химического состава сырьевой смеси по формуле:

$$M = \frac{\alpha \cdot 100}{100 - (nnn)}, \qquad (14)$$

где α – численное значение соответствующего окисла в сырьевой смеси, найденное в п. 6.1.6;

M – численное содержание окисла в клинкере;

nnn – потери при прокаливании сырьевой шихты в процентах.

Результаты расчетов приводятся в табл. 6.

6.2. Расчет нормативного расхода сырья (для производства 1 т клинкера)

6.2.1. Теоретический удельный расход сухого сырья на 1 тонну клинкера определяется по формуле:

$$A_c = \frac{100}{100-(ппп)} \bullet 1000, \qquad (15)$$

где A_c – удельный расход сырьевой смеси (сухого сырья) на 1 тонну клинкера, кг;

ппп – потери при прокаливании сырьевой смеси сухой, % (из табл. 6, п.6.1.6).

Удельный расход каждого из компонентов сырьевой смеси по сухому веществу определяется по формулам:

$$A_c^{/} = \frac{A_c \cdot a^{/}}{100}, \qquad (16)$$

$$A_c^{//} = \frac{A_c \cdot a^{//}}{100}, \qquad (17)$$

где $a^{/}$, $a^{//}$ – процентное содержание 1-го, 2-го компонента в сухой сырьевой смеси;

$A^{/}_c$, $A^{//}_c$ – удельный расход на 1 тонну клинкера 1-го и 2-го компонентов, кг.

6.2.2. Теоретический удельный расход компонентов сырьевой смеси в состоянии естественной влажности по формулам:

$$B_в^{/} = \frac{A_c \cdot 100}{100 - W'}, \qquad (18)$$

$$B_в^{//} = \frac{A_c^{''} \cdot 100}{100 - W''}, \qquad (19)$$

где $B^{/}_в$, $B^{//}_в$ – удельный расход 1-го и 2-го компонентов сырьевой смеси в состоянии естественной влажности на 1 т клинкера, кг;

$A^{/}_с$, $A^{//}_с$ – удельный расход 1-го и 2-го компонентов сырьевой смеси по сухому веществу на 1 тонну клинкера, найденное по формулам 16, 17 (п.6.2.1);

$W^{/}$, $W^{//}$ – содержание естественной влаги в 1-м и 2-м компонентах сырьевой смеси, % (задается при расчете).

Общий удельный расход сырья в состоянии естественной влажности определяется по формуле:

$$B_в = B^{/}_в + B^{//}_в. \qquad (20)$$

6.2.3. Расход каждого из компонентов сырьевой смеси в состоянии естественной влажности с учетом производственных потерь на 1 тонну клинкера устанавливают, пользуясь формулами:

$$B'_н = \frac{B'_в \cdot 100}{100 - p'}, \qquad (21)$$

$$B''_н = \frac{B''_в \cdot 100}{100 - p''}, \qquad (22)$$

где $B^{/}_н$, $B^{//}_н$ – производственные нормы расхода 1-го и 2-го компонентов сырьевой смеси на 1 тонну клинкера, кг;

$B^{/}_в$, $B^{//}_в$ – удельный расход 1-го и 2-го компонентов сырьевой смеси в состоянии естественной влажности на 1 тонну клинкера, кг;

$p^{/}$, $p^{//}$ – производственные потери 1-го и 2-го компонентов сырьевой смеси, %.

Общий удельный расход сырья ($B_н$) определяется по формуле:

$$B_н = B'_н + B''_н \qquad (23)$$

6.2.4. На основании проведенных расчетов составляется материальный баланс производства 1 тонны клинкера, в приходной части которого указывают производственные нормы расхода каждого из компонентов сырьевой смеси, а в расходной части – массу получаемого клинкера и потерь, имеющих место при переработке сырья (табл. 1, п. 5.2).

6.3. Расчет минералогического состава портландцементного клинкера

Расчет минералогического состава портландцементного клинкера по его химическому составу производится по следующим формулам:

% C_3S (трехкальциевый силикат) = 3,8 SiO_2(3КН-2); (24)
% C_2S (двухкальциевый силикат) = 8,6SiO_2(1-КН); (25)
% C_3A(трехкальциевый алюминат) = 2,65(Al_2O_3 – 0,64Fe_2O_3); (26)
% C_4AF (четырехкальциевый алюмоферрит) = 3,04Fe_2O_3; (27)
% CaO_4 = 1,7SO_3 , (28)

где $CaSO_4$, Al_2O_3, Fe_2O_3, SO_3 – содержание соответствующих окислов в клинкере, % (данные табл. 6, п. 6.1.6).

6.4. Режим работы цеха

Режим работы цеха выбирается в соответствии с п. 5.1. Производительность по готовой продукции цехов подготовки сырья и обжига определяются по формулам 1, 2, 3 (п. 5.1). При этом сырьевой цех должен быть спроектирован так, чтобы вырабатывал сырьевую смесь в количестве, необходимом для бесперебойной работы цеха обжига.

После того как производительность цеха в час рассчитана, необходимо выбрать по каталогам [5-9] вращающиеся печи для обжига сырьевой шихты, часовая производительность которых равна или несколько превышает расчетную.

Пример

Дано:

$П_{год}$ = 1250000 т/год
$К_и$ = 0,95

Определить производительность цеха обжига в сутки, смену, час.

Решение:

$$П_{сут} = \frac{125000}{365 \cdot 0{,}95} = 3602 \text{ т/сут;}$$

$$П_{смен} = \frac{125000}{365 \cdot 0{,}95 \cdot 3} = 1201 \text{ т/смен;}$$

$$П_{час} = \frac{125000}{365 \cdot 24 \cdot 0{,}95} = 150 \text{ т/ч.}$$

По каталогу выбираем вращающиеся печи размером 5х185 м с проектной производительностью 75 т/ч каждая.

При мокром способе производства чаще всего используются вращающиеся печи размером 4х150 м; 4,5х170 м; 5х185 м; 7х230 м; при сухом способе – печи с циклонными теплообменниками размерами 4х60 м; 5х75 м; 7х95 м.

Расчет проектной часовой производительности цеха обжига для случая, когда задано количество и тип печей, ведется по формулам:

$$П_{час} = П \cdot n, \tag{28}$$

где $П_{час}$ – часовая производительность цеха обжига, т/ч;

n – количество однотипных печей (известно из задания);

$П$ – проектная часовая производительность одной печи, т/ч (эта величина берется по справочникам [5-9].

Годовая производительность цеха обжига в этом случае рассчитывается по формуле:

$$П_{год} = П_{час} \cdot Г_{вр}, \tag{29}$$

где $П_{год}$ – годовая производительность цеха обжига в тоннах клинкера.

Рассчитав производительность печей в час, смену, сутки, год и потребность в сырье для производства 1 тонны клинкера, необходимо определить расход сырья в час, смену, сутки, год. Результаты расчетов оформить в виде табл. 2 (п. 5.3).

6.5. Расчет и выбор оборудования цеха подготовки сырья

Шламбассейны – при мокром способе производства для обеспечения непрерывной работы обжигательных печей в отделении шламбассейнов устанавливают непрерывный режим работы в три смены независимо от режима работы других отделений сырьевого цеха.

Для определения необходимого количества шламбассейнов требуется рассчитать расход шлама по формуле:

$$A_{ш} = \frac{A_c \cdot 100}{(100 - W) \cdot \gamma_o}, \tag{30}$$

где $А_ш$ – расход шлама на 1 тонну клинкера, $м^3$;

$А_с$ – удельный расход сухой сырьевой шихты на 1 тонну клинкера (см. п. 6.2.1);

W – влажность шлама, % (известно из задания или принимается по таблице-приложению);

$\gamma_о$ – средняя плотность шлама, $кг/м^3$ (см. приложение).

Емкость горизонтальных шламбассейнов должна обеспечить запас откорректированного шлама в количестве, необходимом для непрерывной работы обжигательных печей в течение 2,5 суток. Потребная емкость горизонтальных шламбассейнов определяется по формуле:

$$V_{потр} = \frac{П_{год} \cdot А_ш \cdot 2{,}5}{365 \cdot К_и}, \qquad (31)$$

где $V_{потр}$ – потребная емкость горизонтальных шламбассейнов, $м^3$;

$П_{год}$ – годовая производительность цеха обжига, т/год;

$А_ш$ – расход шлама для получения 1 тонны клинкера, $м^3$;

$К_и$ – коэффициент использования печей (0,9-0,95).

Пример

Дано:

$П_{год}$ – 114800 тонн в год;
$А_ш$ – 1,58 $м^3$/т клинкера;
$К_и$ – 0,90;

Решение:

$$V_{потр} = \frac{114800 \cdot 1{,}58 \cdot 2{,}5}{365 \cdot 0{,}9} = 13884 \text{ м}^3.$$

По каталогу [5-9] выбираем к установке 2 горизонтальных шламбассейна емкостью 8000 $м^3$ каждый.

Смесительные силосы. При сухом способе производства необходимо рассчитать количество смесительных силосов, которые служат для корректирования и хранения сырьевой муки. Они должны обеспечить запас сырьевой муки в количестве, необходимом для бесперебойной работы печей с циклонными теплообменниками в течение 4-х суток.

Полезная емкость смесительных силосов рассчитывается по формуле:

$$V_{пол} = \frac{П_{год} \cdot B_c \cdot 4}{365 \cdot K_и}, \qquad (32)$$

где $V_{пол}$ – полезная емкость силосов, м^3;

$П_{год}$ – годовая производительность цеха обжига, т/год;

B_c – расход сырьевой смеси для получения 1 тонны клинкера с учетом естественной влажности и производственных потерь, т (табл. 2).

Зная полезную емкость смесительных силосов сырьевой муки, выбираем по каталогам [5; 7] к установке несколько силосов, суммарная полезная емкость которых равна или несколько больше рассчитанной. Количество запасных силосов рекомендуется принимать от 4 до 6 шт.

Оборудование для помола и дробления сырья. Расчет потребной часовой производительности дробильного отделения осуществляют, исходя из проектной часовой производительности цеха обжига с учетом числа смен работы дробилок в сутки по формуле:

$$П_{потр} = П \cdot B_c \cdot K_{см}, \qquad (33)$$

где $П_{потр}$ – потребная часовая производительность дробильного отделения, т/ч; $П$ – проектная часовая производительность цеха обжига, т/ч; B_c – расход сырья с учетом естественной влажности и производственных потерь, в тоннах на 1 тонну клинкера; $K_{см}$ – коэффициент сменности, выражаемый дробью, числитель которой равен числу смен работы обжигательных печей, т.е. трем, а знаменатель – числу смен работы дробильного отделения.

Примеры

1. Рассчитать потребную производительность дробильного отделения по дроблению известкового и глинистого компонентов.

Дано:

Проектная часовая производительность цеха обжига П = 150 т/ч. На получение одной тонны клинкера потребуется 1,54 тонны известняка (в состоянии естественной влажности и с учетом производственных потерь) и 0,36 тонны глины. Дробильное отделение работает в две смены, а цех обжига – в три смены.

Решение:

$$П_{\substack{потр.др. \\ извест.комп.}} = 150x1{,}54x3/2 = 356{,}5 \text{ т/ч};$$

$$П_{\substack{потр.др. \\ глин.комп.}} = 150x0{,}36x3/2 = 81 \text{ т/ч}.$$

2. Рассчитать потребную часовую производительность отделения сырьевых мельниц для помола сырьевой смеси, если часовая производительность цеха обжига составляет 150 т/ч. На изготовление 1 тонны клинкера требуется 1650 тонн сухой сырьевой смеси ($А_с$). Отделение сырьевых мельниц работает по непрерывному режиму в 3 смены.

Решение:

$$П_{\substack{потр.отд. \\ сырьевыхмельниц}} = 150x1{,}65x1 = 247{,}5 \text{ т/ч}.$$

3. Рассчитать потребную часовую производительность отделения болтушек для переработки глины, если часовая производительность цеха обжига составляет 150 т/ч клинкера. На получение 1 тонны клинкера требуется 0,28 тонны глины в состоянии естественной влажности. Режим работы отделения глиноболтушек – непрерывный.

Решение:

$$П_{\substack{потр.час. \\ болтушек}} = 150x0{,}28x1 = 42 \text{ т/ч}.$$

Потребная производительность отделения болтушек, выраженная в м^3 глины, составит $\frac{42}{\gamma_{глины}} = \frac{42}{1{,}8} = 23{,}3$ м^3, где γ_o – насыпная плотность глины (см. приложение).

Определив потребную часовую производительность дробилок, сырьевых мельниц и болтушек, нужно по каталогам [5-12] выбрать необходимое число единиц оборудования.

Для первичного дробления сырья при производстве портландцемента обычно применяют следующие типы дробилок: щековые, конусные; для мягких пород – валковые или самоочищающиеся молотковые.

Для вторичного дробления сырья рекомендуется применять молотковые или конусные дробилки.

Для помола сырья применяют, как правило, трубные многокамерные мельницы. При сухом способе производства – мельницы сепараторные: каскадные самоизмельчения «Аэрофол». При мокром способе производства для размучивания мягких пород сырья – глиноболтушки, мельницы роторные, каскадные, «Гидрофол».

6.6. Подбор оборудования цеха обжига

При проектировании цеха обжига необходимо подобрать следующее оборудование, обслуживающее вращающуюся обжигательную печь.

- Питатель печи сырьевой мукой или шламом.
- Дымосос для удаления печных газов.
- Электрофильтр для очистки отходящих газов.
- Вентилятор подачи первичного воздуха в печи.
- Холодильник.
- Дробилка клинкера.
- Вентиляторы общего и острого дутья (при использовании колосниковых переталкивающих холодильников).
- Система обеспыливания холодильника (электрофильтр, дымосос).
- Транспортные средства для доставки клинкера на склад.

Питатель. При сухом способе производства производительность питателя должна быть равна проектной часовой производительности вращающейся печи. Питатель выбирается по таблицам [5-7; 9]. Для подачи в печь сырьевой муки рекомендуется применять шнековые, тарельчатые, скребковые, ячейковые питатели.

При мокром способе производства производительность питателя

$$П_{пит} = П \cdot А_{ш}, \qquad (34)$$

где $П$ – проектная часовая производительность вращающейся печи, т/ч;

$А_{ш}$ – расход шлама на производство 1 тонны клинкера, м^3.

По рассчитанной производительности необходимо подобрать питатель [5-7; 9; 13]. Для подачи в печь шлама рекомендуется применять ковшовые, шламовые питатели.

Дымосос. Для удаления печных газов он выбирается по таблицам [5; 7; 9] в зависимости от типаразмера вращающейся печи.

Вентилятор. Для подачи первичного воздуха в печь выбирается по таблицам [5; 7; 9] в зависимости от типаразмера вращающейся печи.

Холодильник. Потребная производительность холодильника (в тоннах клинкера в час) принимается равной производительности проектной печи.

В настоящее время для охлаждения клинкера применяют, как правило, горизонтальные колосниковые холодильники переталкивающего типа [5; 7; 9].

Дробилка для клинкера. Для измельчения клинкера применяются обычно молотковые дробилки, встроенные в колосниковые холодильники. Потребная производительность дробилки принимается равной проектной производительности печи. Выбор дробилки осуществляется по таблицам [5; 7; 9]

Вентиляторы острого и общего дутья холодильника выбираются в зависимости от типа выбранного холодильника и его производительности [5, 7, 9].

Транспорт для доставки клинкера на склад. Транспортирование клинкера на склад от холодильника производится при помощи пластинчатых или ячейковых транспортеров. Потребная производительность транспортеров должна выбираться с запасом 25-40% по отношению к производительности печи. Для обеспечения надежной работы печей необходимо предусмотреть один резервный транспортер. Выбор транспортера осуществляется по таблицам [5; 7; 9].

После подбора оборудования необходимо привести его техническую характеристику по форме табл. 3 (п. 5.4 настоящих указаний).

7. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕХА ПОМОЛА СМЕШАННЫХ ЦЕМЕНТОВ

В настоящее время выпускают свыше 50 видов и разновидностей цемента для потребностей строительной индустрии: портландцемент, пуццолановый портландцемент, шлакопортландцемент, глиноземистый, сульфатостойкий, быстротвердеющий, цветной, высокодисперсные наполненные цементы (тонкомолотые цементы и вяжущие низкой водопотребности).

Смешанные цементы получают несколькими способами:

- совместным измельчением портландцементного клинкера, добавок и гипса;
- раздельным помолом портландцементного клинкера, добавок и гипса с последующим их смешением.

Помол компонентов для изготовления смешанных цементов может производиться в шаровых, вибрационных и других мельницах.

Выбор схемы помола смешанных цементов, типа и размеров цементных мельниц зависит от масштабов производства и заданного ассортимента выпускаемой продукции. Основными схемами помола смешанного цемента является помол ею в трубных мельницах, работающих открытым циклом, и в мельницах, работающих в замкнутом цикле с центробежными сепараторами.

При производстве смешанных цементов с удельной поверхностью 250-280 м^2/кг помол цемента целесообразно предусматривать в открытом цикле.

При производстве высокопрочных и быстротвердеющих цементов с удельной поверхностью 350-500 м^2/кг более экономично применение схемы помола по замкнутому циклу. Мельницы, работающие в замкнутом цикле с

центробежными сепараторами, при такой тонкости помола смешанного цемента имеют более высокую производительность (на 15-20%) при меньшем удельном расходе электроэнергии.

При проектировании заводов производительностью свыше 1.0 млн тонн смешанного цемента в год для помола применяются главным образом мельницы размером 3,2х15 или 4х13,5 м. Применение мельниц размером 3,2х15 м, т.е. с отношением длины к диаметру в пределах 5-4:1, позволяет использовать их как для открытого, так и закрытого циклов помола.

Проектирование цеха помола смешанных цементов ведется в следующей последовательности:

- выбор технологической схемы;
- технологические расчеты;
- компоновка оборудования;
- определение технико-экономических показателей.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать разделы п.4.

7.1. Выбор технологической схемы помола

Смешанные цементы получают помолом клинкера, гипса и добавок (активных минеральных, инертных, воздухововлекающих, интенсификаторов помола). Помол может проектироваться как по открытому, так и по замкнутому циклу с центробежными сепараторами.

Помол по открытому (циклу) целесообразен при получении цементов с удельной поверхностью 250-280 $м^2$/кг. В связи с повышением доли высокомарочных цементов (с удельной поверхностью 320-500 $м^2$/кг) более экономичным является одностадийный помол по замкнутому циклу.

Схемы помола смешанных цементов по замкнутому циклу включают воздушно-проходные или центробежные сепараторы . В сепараторах происходит разделение материала на фракции. Использование сепараторов позволяет осуществлять регулирование гранулометрического состава получаемого продукта, повысить эффективность работы схемы измельчения и обеспечить получение материала с высокими значениями удельной поверхности.

Существует несколько схем измельчения материалов в двухкамерных цементных мельницах с сепараторами:

- материал, поступивший на помол, пройдя первую камеру двухкамерной мельницы, поступает в сепаратор. Крупные фракции возвращаются на домол во вторую и частично в первую камеру; тонкие фракции из сепараторов и уловленная пыль представляют собой готовый цемент;
- крупные фракции, выделяемые в сепараторах, направляются на домол в первую камеру, а тонкие, выделяемые в выносных циклонах, представляют собой готовый цемент.

Очистка аспирационного воздуха цементных мельниц предусматривает три ступени:

- аспирационная шахта;

- циклон;
- электрофильтр или рукавный фильтр.

В зависимости от вида смешанного цемента необходимо выбрать технологическую схему его производства [14,с.199].

7.2. Технологические расчеты

7.2.1. Режим работы цеха

Цех помола работает по режиму непрерывной недели с двумя выходными днями в неделю в две или три смены.

Расчет годового фонда времени и производительности цеха в час, смену, сутки.

$$Пчас = \frac{Пгод}{Гвр}\ ; \qquad (35)$$

$$Псмен = \frac{Пгод}{Ср \bullet n} \qquad (36)$$

$$П_{сут} = \frac{П_{год}}{Ср}, \qquad (37)$$

где $П_{год}$ – заданная годовая производительность цеха, т;

$П_{час}, П_{смен}, П_{сут}$ – соответственно часовая, сменная и суточная производительность цеха, т;

$Г_{вр}$ – годовой фонд рабочего времени, ч;

$С_р$ – расчетное количество рабочих суток в году;

п – количество смен.

$$С_р = (365 - 2 \bullet 52 - 6) \bullet К_и, \text{ дн}, \qquad (38)$$

где 2 • 52 = 104 – субботние и воскресные дни;

6 – количество праздничных дней в году;

$К_и$ – коэффициент использования оборудования;

$К_и$ = 0,82 при использовании открытого цикла;

$К_и$ = 0,8 при использовании замкнутого цикла;

$Г_{вр} = С_р \bullet 16$, ч при двухсменной работе;

$Г_{вр} = С_р \bullet 24$, ч при трехсменной работе.

Зная часовую производительность цеха, по каталогам [7; 8; 10; 18; 29] подбирают мельницы, количество которых соответствует количеству технологических линий.

Пример расчета. *Подобрать мельницы для помола смешанного цемента с удельной поверхностью 450 м²/кг. Производительность цеха помола* $П_{год}$ *= 850 000 тонн. Режим работа цеха – в две смены. Схема помола – по замкнутому циклу. Производственные потери – 2%, возможный брак – 3%.*

.

Количество рабочих суток: $C_р$ = (365 - 2 • 52 – 6) • 0,8 = 204 дн.

Годовой фонд рабочего времени: $Г_{вр}$ = $C_р$ • 16 = 204 • 16 = 3264 ч.

Суточная производительность: $П_{сут} = \frac{П_{год}}{Ср} = \frac{850000}{204} = 4166{,}7 т/сут$.

Сменная производительность: $Псмен = \frac{Пгод}{Ср \bullet n} = \frac{850000}{204 \bullet 2} = 2083{,}35 т/см$

Часовая производительность с учетом производственных потерь и брака:

$$Пчас = \frac{Пгод \bullet К}{Гвр} = \frac{850000 \bullet 1{,}05}{3264} = 273{,}44 т/ч$$

К=1+(0,02+0,03)=1,05.

По каталогам [7; 9] выбираем мельницы. Заданную производительность обеспечивают 3 помольных агрегата с трубной мельницей размером 4,0 х 13,5 м с производительностью 100 – 110 т/ч при удельной поверхности смешанного цемента 450 м²/кг.

Таким образом, производительность цеха помола может быть обеспечена 3 технологическими линиями.

7.2.2. Составление материального баланса

При составлении материального баланса производим расчет нормативного (на 1 тонну готовой продукции) расхода сырья с учетом влажности и производственных потерь, которые принимаются от 1 до 3 %.

Пример расчета. *Смешанный цемент состоит из 70% клинкера, 30% активной минеральной добавки и 3% гипса. Влажность – 1%, производственные потери – 1%.*

Таблица 7

Материальный баланс производства 1 тонны смешанного цемента

Приход			Расход		
Наименование материалов	Ед. изм.	Количество	Наименование материалов	Ед. изм.	Количество
1. Клинкер	кг	714	1. Смешанный цемент (с учетом влажности)	кг	1030,6
2. Активная минеральная добавка	кг	306			
3. Гипс двуводный	кг	30,6	2. Производственные потери	кг	20,0
Итого	кг	1050,6	Итого	кг	1050,6

7.2.3. Определение потребности цеха в сырье

Расчет производится в соответствии с п.5.3 и результаты сводятся в табл.2.

7.2.4. Расчет и выбор основного технологического оборудования цеха помола смешанного цемента

Расчет производится в соответствии с п.5.4.

7.2.4.1. Подбор оборудования для хранения, подачи клинкера, добавок и гипса в мельницу

Подбор данного оборудования ведется, исходя из часового расхода каждого компонента:

$$P_к^{час} = П_ч \bullet P_к^{у} \bullet 1{,}05, \text{ т/ч}, \qquad (39)$$

где $P_к^{час}$ – часовой расход компонента, т/ч;

$П_ч$ – часовая производительность технологической линии, т/ч;

$P_к^{у}$ – удельный расход компонента, т/ч;

1,05 – коэффициент, учитывающий потери и брак.

Подбор бункеров для хранения компонентов. Объем бункера:

$$V_о = \frac{V_б}{K_з}, м^3,$$

где $V_б$ – полезная емкость бункера, м^3;

$K_з$ – коэффициент заполнения бункеров;

$K_з$=0,85 – 0,90.

Полезная емкость бункера: $V_б = \frac{P_к^у \bullet t}{\rho_н}, м^3$,

где t – запас материала, ч;

$\rho_н$ – насыпная плотность материала, т/м^3;

t = 3 •16 = 48 при двухсменной работе;

t = 3 •24 = 72 при трехсменной работе.

Соотношение между диаметром и высотой бункера: D:H = 1:0,8 до 1: 1,5.

Бункера на выходе оборудуются питателями. Подбор питателя осуществляется по наибольшим размерам кусков материала. Для подачи компонентов в мельницу используют тарельчатые (дисковые) или ленточные питатели.

Производительность ленточного питателя [7]:

$$П_п = 310 \bullet B^2 \bullet V \bullet \rho_н, \quad (40)$$

где B – ширина ленты, м (400, 500, 650, 800 мм);

V – скорость ленты, м/с (0,1-0,3 м/с);

$\rho_н$ – насыпная плотность материала, т/м^3.

По [7] определяем тип питателя.

7.2.4.2. Подбор оборудования воздухоочистительной аспирационной системы

Для разделения материала на фракции в схемах помола смешанных цементов используются воздушно-проходные и центробежные сепараторы.

Объем сепаратора определяется по формуле:

$$V_{сеп} = \frac{V_{в.а.}}{V_{в.а.}/V_{сеп}}, \text{ м}^3, \quad (41)$$

где $V_{в.а.}$ – количество вентилирующего агента перед сепаратором, м^3/ч;

$V_{в.а.}/V_{сеп}$ – напряжение объема сепаратора по воздуху или газу в зависимости от тонкости помола пыли (по табл. 8).

Таблица 8

Напряжение объема сепаратора по воздуху или газу в зависимости от тонкости помола пыли

N	Тонкость помола пыли, %	Ед.изм.	$V_{в.а.}/V_{сеп}$
1	R_{90}, 4-6	м^3/м^3	2000
2	R_{90}, 6-15	м^3/м^3	2500
3	R_{90}, 15-28	м^3/м^3	3500
4	R_{90}, 28-40	м^3/м^3	4500

$$V_{в.а.} = V_{м.в.}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (42)$$

где $V_{м.в.}$ – количество вентилирующего агента перед мельничным вентилятором, м^3/ч.

$$V_{м.в.} = V_б\left(1000 \bullet \sqrt[3]{k_{ло}^{ш}} + 36 \bullet R_{008} \bullet \sqrt[3]{k_{ло}^{ш}}\sqrt[3]{\psi_б}\right), \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (43)$$

где $V_б$ – внутренний объем барабана мельницы, м^3;

$\psi_б$ – коэффициент заполнения барабана шарами;

$\psi_б$ = 0,04-0,28;

$к_{ло}^{ш}$ – коэффициент размолоспособности;

$к_{ло}^{ш}$=0,9-2,0.

По рис.158 каталога [8] определяем диаметр сепаратора.

Цементные мельницы с сепараторами или без них должны быть обеспечены следующим оборудованием для аспирации и обеспыливания:

- для 1-й ступени – циклоны;
- для 2-й ступени – фильтры рукавные или электрофильтры.

7.2.4.3. Подбор циклона 1-й ступени очистки

Отделение пыли от газового потока осуществляется в циклонах за счет действия на частички пыли центробежной силы.

Диаметр циклонов принимается в зависимости от количества пылевоздушной смеси и условной скорости потока.

$$D_{цикл} = \sqrt{\frac{V`_{м.в.}}{2830 \bullet \omega_{цикл} \bullet 3600}}, \text{ м}, \quad (44)$$

где $V`_{м.в.}$ – количество пылевоздушной смеси, м^3/ч;

$$V`_{м.в.} = 1{,}05 \bullet V_{м.в.}; \quad (45)$$

$\omega_{цикл}$ – условная скорость, м/с;

$\omega_{цикл}$ = 3 – 3,5 м/с.

Высота цилиндрической части циклонов должна быть равна примерно 0,75 его диаметра.

Если диаметр циклона мал: 100, 150 или 254 мм – то устанавливают батарейные циклоны (рекомендуемое количество 2,4,6 или 8).

7.2.4.4. Подбор рукавных фильтров и электрофильтров для 2-й ступени очистки

При подборе рукавных фильтров для обеспыливания воздуха, отсасываемого от мельничной установки, т.е. от мельницы и сопряженного с нею в работе транспортного оборудования (элеваторы, шнеки, транспортные ленты и др.), исходят из допускаемого напряжения ткани рукавов фильтра, которое

должно быть не более 2,0-2,5 м^3/мин на 1 м^2 ткани и составлять 120-150 м^3/ч на 1 м^2 ткани.

Общая потребная поверхность фильтрующей ткани рукавных фильтров определяется по формуле:

$$F = \frac{V_{ba}}{P}, \text{ м}^2,$$

где V_{ba}* – общее количество воздуха, отсасываемого от всей системы (мельница и сопряженное с нею в работе транспортное оборудование) в м^3/ч;

Р – напряжение ткани рукавных фильтров в м^3/ч на 1 м^2 ткани.

Рекомендуется использовать для 2-й ступени очистки элетрофильтры типа УГ и УГТ, выбираемые по каталогу [7].

7.2.4.5. Определение диаметров пылевоздухопроводов

Пылевоздухопроводы соединяют между собой сепараторы и циклоны, циклоны и фильтры.

Диаметр пылевоздухопровода принимается в зависимости от количества пылевоздушной смеси, проходящей соответственно от сепаратора и циклона, и скорости пылевоздушной смеси.

$$d = \sqrt{\frac{V_{в.а.}}{3600 \bullet \omega \bullet 0{,}785}}, \text{ м}, \qquad (46)$$

где $V_{в.а.}$ – количество пылевоздушной смеси, проходящей соответственно от сепаратора и циклона, м^3/ч;

ω – скорость пылевоздушной смеси, м/с;

ω = 20-25 м/с.

7.2.4.6. При выходе из мельницы смешанный цемент проходит через **аспирационную шахту**, установленную за мельницей. Рекомендуемые размеры шахты: диаметр 3,3 м и высота 12 м.

7.2.4.7. Подбор оборудования для цехового транспорта

Для транспортировки смешанного цемента определяют производительность аэрожелоба:

$$П_a = 3240 \bullet B \bullet h_o \bullet v \bullet \rho_н, \text{ т/ч}, \qquad (47)$$

* В общее количество воздуха входит воздух, отсасываемый от всей системы, полученный расчетом, и 15-25% воздуха, дополнительно присасываемого через неплотности обеспыливающей установки.

где В – ширина желоба, м;

В=400-500 мм;

h_o – высота потока аэросмеси в желобе, м;

h_o=0,05-0,1 м;

ν– скорость движения материала в желобе, м/с;

ν = 0,7-2 м/с;

$\rho_н$ – насыпная плотность смешанного цемента, т/м^3.

По производительности технологической линии подбирают пневматический насос для транспортировки готовой продукции и элеватор для подъема молотого материала в сепаратор по каталогам [7; 8; 9; 11; 28].

7.2.4.8. Подбор силосов для хранения цемента

Определяем геометрический объем силосного склада:

$$V_{ск} = \frac{П_{год} \bullet n}{365 \bullet \rho \bullet K_з}, \text{ м}^3, \qquad (48)$$

где $П_{год}$ – годовая производительность цеха, т/ч;

п – число суток нормативного запаса, сут.;

п не менее 10 сут.;

ρ – насыпная плотность готового цемента, т/м^3;

$K_з$ – коэффициент заполнения силосов;

$K_з$=0,9.

Размеры и емкость силоса устанавливаются в зависимости от производительности завода. Для заводов небольшой мощности (100-200 тыс.тонн) в год диаметр силоса может быть принят 9 м; для более мощных заводов он принимается 12 или 18 м. При проектировании хранилищ для цемента силосы диаметром 12 м и менее располагаются в два ряда, а диаметром более 12 м – в один ряд. Соотношение диаметра силоса к его высоте должно быть примерно 1:4.

7.3. После подбора технологического оборудования составляется **ведомость оборудования цеха** в соответствии с п.5.4 настоящих указаний (табл.3).

7.4. **Расчет потребности цеха в электроэнергии** ведется в соответствии с п.5.5.

7.5. В заключение приводятся **основные технико-экономические показатели производства смешанного вяжущего.**

8. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕХА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ВОЗДУШНОЙ ИЗВЕСТИ И СИЛИКАТНЫХ КИРПИЧЕЙ (КАМНЕЙ)

Порядок выполнения курсовой работы по названным выше темам должен быть следующим.

8.1. Введение

Для написания введения рекомендуется пользоваться сведениями из технической литературы: по воздушной извести [14-17; 41; 44; 46], силикатному кирпичу [18-20; 31; 32; 42; 45].

8.2. Техническая характеристика выпускаемой продукции

При написании этого раздела необходимо пользоваться соответствующими ГОСТами и техническими условиями: для воздушной извести [21; 22] , для силикатного кирпича [23].

8.3. Характеристика сырья

Для производства воздушной извести сырьем является известняк, для производства силикатного кирпича – воздушная известь и кварцевый песок. Их технические характеристики регламентируются стандартами [21; 25; 26]. Имеется положительный опыт применения в производстве силикатного кирпича золы ТЭС [32].

8.4. Обоснование выбранной технологической схемы

В данном разделе должно быть дано технико-экономическое обоснование выбранной технологии производства путем сравнения с показателями других способов, которые необходимо брать из технической литературы [16; 24] – для воздушной извести, [18; 19; 31; 32; 42; 45] – для силикатного кирпича, а также данных, собранных в ходе ознакомления действующих заводов во время учебно-ознакомительной практики.

Выбор типа агрегата для обжига извести в зависимости от физико-химических свойств и фракционного состава карбонатного сырья должен осуществляться в соответствии с приведенными в табл. 9 данными [41].

Таблица 9

Критерии выбора агрегата для обжига извести в зависимости от свойств карбонатного сырья

Фракционный состав карбонатного сырья, мм	Физико-механические свойства карбонатных пород		
	Не разрушающийся при нагревании известняк с пределом прочности при сжатии не менее 10 МПа	Известняк с пределом прочности при сжатии ниже 10 МПа и мел с влажностью менее 20%	Мел с влажностью более 20%
От 40 до 150	Шахтные печи	-	Длинные вращающиеся печи, работающие по мокрому способу
От 15 до 50	Короткие вращающиеся печи с подогревателями сырья	-	Длинные вращающиеся печи, работающие по мокрому способу
Ниже 25	Печи «кипящего слоя» (КС)	Длинные вращающиеся печи, работающие по сухому способу	-

8.5. Описание технологического процесса

Примеры технологических схем производства воздушной извести имеются в [9,16], силикатного кирпича [9; 18; 19; 32] . В этом же разделе необходимо привести описание контроля производства, охраны труда в проектируемом цехе и охраны окружающей среды. Данные по контролю производства, качеству сырья и готовой продукции для воздушной извести приведены в [6; 27; 41], для силикатного кирпича в [19; 20; 27]. Данные по охране труда приведены [16; 41].

8.6. Режим работы цеха

Цех воздушной извести имеет три отделения: подготовки сырья, отделение обжига , отделение дробления и помола извести.

Завод силикатного кирпича может иметь в своем составе цех обжига извести (если не работает на привозном сырье), цех подготовки силикатной смеси (дробление и помол извести и части песка, гашение силикатной смеси), цех прессования и автоклавной обработки.

Цех обжига работает, как правило, в режиме непрерывной рабочей недели с коэффициентом использования оборудования ($К_и$=0,9-0,95). Остальные цеха могут работать в режиме прерывной или непрерывной рабочей не-

дели 1-3 смены в сутки. Отделение автоклавной обработки работает в режиме шестидневной рабочей недели с тремя сменами в сутки.

8.7. Расчет материального баланса

Составление материального баланса (на 1 тонну воздушной извести, или на 1000 штук силикатного кирпича) производится в соответствии с п. 5.2. Материальный баланс представляется в форме табл. 1.

Для определения расхода сырья используются приведенные в задании на курсовое проектирование данные по химическому составу карбонатного сырья.

Определяется [14] теоретическая активность извести (%):

$$A = \frac{CaO + MgO - 1{,}27 \cdot \text{ппп} \bullet (1 - X)}{CaO + MgO + S + \text{ппп} \bullet (1 - X)} \bullet 100, \qquad (49)$$

где CaO и MgO – содержание соответствующих оксидов в сырье, %;
$ппп$ – потери при прокаливании;
S – суммарное содержание в сырье $SiO_2 + R_2O_3$, % ;
X – степень декарбонизации сырья при обжиге (принимаем X=0,95).

Для производства воздушной извести необходимо определить:

– выход извести, ВИ (%):

$$ВИ = CaO + MgO + S + \text{ппп} \bullet (1 - X); \qquad (50)$$

– расход известняка без учета влажности и производственных потерь для получения 1 тонны извести [14] (т):

$$P = \frac{100}{ВИ}; \qquad (51)$$

– потери при прокаливании (т):

$$Потери\ при\ прокаливании = P \bullet \text{ппп} \bullet X; \qquad (52)$$

– содержание влаги (т):

$$Содержание\ влаги = P \bullet 0{,}01 \bullet w, \qquad (53)$$

где w – влажность карбонатного сырья согласно выданному заданию, %;

– производственные потери (т):

$$Производственные\ потери = (P + Содержание\ влаги) \bullet 0{,}01 \bullet Пр.\ потери, \qquad (54)$$

где Пр. потери – производственные потери (при производстве воздушной извести Пр. потери 0,5…10% [41]);

– расход известняка с учетом влажности и производственных потерь для получения 1 тонны извести (т):

$$Известняк = P + Содержание\ влаги + Производственные\ потери. \qquad (54а)$$

Пример. *Определить материальный баланс производства 1 тонны воздушной извести из известняка Яшкинского месторождения.*

Таблица 10

Химический состав известняка Яшкинского месторождения

CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	ппп
55,66%	0,33%	1,36%	0,8%	0,6%	42,03%

Влажность карбонатного сырья *w =2%.*

Производственные потери Пр. потери = 1%.

Активность извести (при $R_2O_3 = Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0,8 + 0,6 = 1,4$):

$$A = \frac{55,66 + 0,33 - 1,27 \cdot 42,03 \cdot (1 - 0,95)}{55,66 + 0,33 + 1,96 + 42,03 \cdot (1 - 0,95)} \cdot 100 = 88,79\%.$$

Выход извести:

$$ВИ = 55,66 + 0,33 + 1,96 + 42,03 \bullet (1 - 0,95) = 60\%.$$

Расход известняка без учета влажности и потерь:

$$P = \frac{100}{ВИ} = \frac{100}{60} = 1,667\ т.$$

$$Потери\ при\ прокаливании = 1,667 \bullet 0,01 \bullet 42,03 \bullet 0,95 = 0,666\ т.$$

$$Содержание\ влаги = P \bullet 0,01 \bullet w = 1,677 \bullet 0,01 \bullet 2 = 0,033\ т.$$

$$Производственные\ потери = (1,667 + 0,033) \bullet 0,01 \bullet 1 = 0,017\ т.$$

Расход известняка с учетом влажности и производственных потерь:

$$Известняк = 1,667 + 0,033 + 0,017 = 1,716\ т.$$

Таблица 11

Материальный баланс производства 1 тонны воздушной извести

Приход			Расход		
Наименование материала	Ед. изм.	Колич.	Наименование материала	Ед. изм.	Колич.
Известняк	кг	1716	Известь	кг	1000
			Потери при прокаливании	кг	666
			Содержание влаги	кг	33
			Производственные потери	кг	17
Итого:	**кг**	**1716**	**Итого :**	**кг**	**1716**

Для производства гашеной извести необходимо определить:

– расход негашеной извести с учетом ее активности (А) для получения 1 тонны гашеной извести (кг).

исходя из уравнения химической реакции:

$$\underset{x}{\overset{56}{CaO}} + \overset{18}{H_2O} \rightarrow \underset{1000}{\overset{74}{Ca(OH)_2}} \qquad (55)$$

56 кг CaO – 74 кг $Ca(OH)_2$
x кг CaO – 1000 кг $Ca(OH)_2$.

$$Негашеная\ известь = \frac{1000}{\frac{74 \bullet 0{,}01 \bullet A}{56} + (1 - 0{,}01 \bullet A)} \bullet (1 + 0{,}01 \bullet Пр.\ потери), \quad (56)$$

где *Пр. потери* – производственные потери согласно выданному заданию, %;

– расход воды с учетом производственных потерь (л):

$$Вода = Негашеная\ известь \bullet 0{,}01 \bullet A \bullet 0{,}01 \bullet B, \qquad (57)$$

где В – расход воды (для получения извести пушонки обычно расход воды составляет В = 60…80% от массы CaO [14]);

– производственные потери, в том числе на испарение воды (с учетом того, что количество воды, теоретически необходимое для гашения извести, составляет H_2O=32,14% от массы CaO [14]) (кг):

$$Производственные\ потери = \frac{(Вода - Негашеная\ известь \bullet 0{,}01 \bullet A \bullet 0{,}01 \bullet H_2O)}{1 + 0{,}01 \bullet Пр.\ потери} +$$

$$+ (Негашеная\ известь + Вода) \bullet 0{,}01 \bullet Пр.\ потери. \qquad (58)$$

Пример. *Определить материальный баланс производства 1 тонны гашеной извести из известняка Яшкинского месторождения.*

Химический состав известняка – табл. 10.

Расход воды для гашения извести *В*=60%.

Производственные потери *Пр. потери* = 2%.

Расход негашеной извести:

$$Негашеная\ известь = \frac{1000}{\frac{74 \bullet 0{,}01 \bullet 88{,}8}{56} + (1 - 0{,}01 \bullet 88{,}8)} \bullet (1 + 0{,}01 \bullet 2) = 794\ кг.$$

Расход воды:

$$Вода = 794 \bullet 0{,}01 \bullet 88{,}8 \bullet 0{,}01 \bullet 60 = 423\ кг.$$

Производственные потери:

$$Производственные\ потери = \frac{(423 - 794 \bullet 0{,}01 \bullet 88{,}8 \bullet 0{,}01 \bullet 32{,}14)}{1 + 0{,}01 \bullet 2} +$$

$$+ (794 + 423) \bullet 0{,}01 \bullet 2 = 217\ кг.$$

Таблица 12

Материальный баланс производства 1 тонны гашеной извести

Приход			Расход		
Наименование материала	Ед. изм.	Ко-лич.	Наименование материала	Ед. изм.	Ко-лич.
Негашеная известь	кг	794	Гашеная известь	кг	1000
Вода	л	423	Производственные потери, в т.ч на испарение воды	кг	217
Итого:	**кг**	**1217**	**Итого:**	**кг**	**1217**

Для производства силикатных кирпичей (камней) необходимо определить расход компонентов силикатной смеси на 1000 штук условного кирпича с учетом активности извести и производственных потерь [18]:

– расход сухой силикатной смеси в пересчете на 1000 шт. условного кирпича (кг):

$$P^{c}_{ссм} = 1000 \bullet 0{,}25 \bullet 0{,}12 \bullet 0{,}065 \bullet \rho_{ссм} \bullet (1 - 0{,}01 \bullet \textit{Пустотность}) \bullet \\ \bullet (1 + 0{,}01 \bullet \textit{Пр. потери}), \quad (60)$$

где 0,25; 0,12; 0,065 – размеры условного кирпича, м;

$\rho_{ссм}$ – средняя плотность силикатной смеси ($\rho_{ссм}$ = 2000 кг/м^3);

Пр.потери – производственные потери (принимаем *Пр. потери* = 1,2%);

Пустотность силикатного кирпича (приведена в задании);

– расход извести (кг):

$$И = \frac{P^{c}_{ссм} \bullet A_{ссм}}{A}, \quad (61)$$

где A – активность извести; $A_{ссм}$ – активность силикатной смеси (принимаем $A_{ссм}$ = 8%);

– для цветного кирпича определяется расход пигмента [18-20] (кг):

$$\textit{Пигмент} = \textit{Содержание пигмента} \bullet (1 - 0{,}01 \bullet П) \bullet (1 + 0{,}01 \bullet \textit{Пр. потери}), \quad (62)$$

где *Содержание пигмента* на 1000 шт. условного кирпича – приведено в задании;

– расход песка (кг):

$$П = (P^{c}_{ссм} - И - \textit{Пигмент}) \bullet (1 + 0{,}01 \bullet w_n), \quad (63)$$

где w_n – влажность песка (принимаем w_n =3%);

– расход воды (л):

$$B = (P^{c}_{ссм} \bullet 0{,}01 \bullet w_{ссм} - 0{,}01 \bullet П \bullet w_n) \times (1 + 0{,}01 \bullet \textit{Потери воды}), \quad (64)$$

где $w_{ссм}$ – влажность силикатной смеси (принимаем $w_{ссм}$ = 7%);

Потери воды – потери воды на испарение в процессе гашения извести (принимаем *Потери воды* = 2%);

– определение массы 1000 шт. силикатного кирпича (камней) – сырца в пересчете на условный кирпич (кг):

$$M_к = 1000 \bullet 0{,}25 \bullet 0{,}12 \bullet 0{,}065 \bullet \rho_{ссм} \bullet (1 - 0{,}01 \bullet П) \bullet (1 + 0{,}01 \bullet w_{ссм}), \quad (65)$$

– определение производственных потерь при производстве 1000 шт. силикатного кирпича (камней) – сырца в пересчете на условный кирпич (кг):

$$Производственные\ потери = 0{,}01 \bullet Пр.\ потери \bullet M_к. \quad (66)$$

Пример. *Определить материальный баланс производства 1000 цветного силикатного кирпича (сырье для получения извести – известняк Яшкинского месторождения, химический состав представлен в табл. 10).*

Пустотность кирпича – *Пустотность* = 15%.

Пигмент – пиритные огарки, на 1000 шт. условного кирпича, *Содержание пигмента* = 50 кг [31, с. 32].

Определяем расход компонентов силикатной смеси на 1000 штук условного кирпича с учетом производственных потерь.

Расход сухой силикатной смеси в пересчете на 1000 шт. условного кирпича (кг) с учетом производственных потерь:

$$P^{c}_{ссм} = 1000 \bullet 0{,}25 \bullet 0{,}12 \bullet 0{,}065 \bullet 2000 \bullet (1 - 0{,}01 \bullet 15) \bullet (1 + 0{,}01 \bullet 1{,}2) = 3355 \text{ кг}.$$

Расход извести с учетом производственных потерь:

$$И = \frac{3355 \bullet 8}{88{,}8} = 302\ кг.$$

Расход пигмента с учетом производственных потерь:

$$Пигмент = 50 \bullet (1 - 0{,}01 \bullet 15) \bullet (1 + 0{,}01 \bullet 1{,}2) = 43 \text{ кг}.$$

Расход песка:

$$П = (3355 - 302 - 43) \bullet (1 + 0{,}01 \bullet 3) = 3100\ кг.$$

Расход воды:

$$В = (3355 \bullet 0{,}01 \bullet 7 - 0{,}01 \bullet 3100 \bullet 3) \times (1 + 0{,}01 \bullet 2) = 145 \text{ л}.$$

Масса 1000 шт. силикатного кирпича (камней) - сырца в пересчете на условный кирпич:

$$M_к = 1000 \bullet 0{,}25 \bullet 0{,}12 \bullet 0{,}065 \bullet 2000 \bullet (1 - 0{,}01 \bullet 15) \bullet (1 + 0{,}01 \bullet 7) = 3547\ кг.$$

Производственные потери при производстве 1000 шт. силикатного кирпича (камней) – сырца в пересчете на условный кирпич:

$$Производственные\ потери = 0{,}01 \bullet 1{,}2 \bullet 3547 = 43\ кг.$$

Таблица 13

Материальный баланс производства 1000 штук цветного силикатного кирпича

Приход			Расход		
Наименование материалов	Ед. изм.	Ко-лич.	Наименование материалов	Ед. изм.	Колич.
Известь	кг	302	Силикатный кирпич	кг	3547
Песок	кг	3100	Производственные потери	кг	43
Вода	кг	145			
Пигмент	кг	43			
Итого:	**кг**	**3590**	**Итого:**	**кг**	**3590**

Затем производится расчет потребности цеха в сырье по формуле 4 (п.5.3). Результаты этих расчетов записываются в виде табл. 2 (п.5.3).

8.8. Расчет и выбор основного технологического оборудования

Расчет ведется в соответствии с п.5.4. Выбор шахтных и вращающихся печей, прессов, автоклавов, смесителей ведется по справочникам [9; 16; 31; 46]. Техническая характеристика оборудования приводится в виде ведомости в форме табл.3 (п.5.4).

8.9. Расчет потребности цеха в электроэнергии и основных технико-экономических показателей

Расчет потребности цеха в электроэнергии и основных технико-экономических показателей производства осуществляется в соответствии с пп. 5.5, 5.6.

9. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦЕХА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ

Проектирование цеха начинается с выбора сырья и его характеристик, составления технологической схемы и проведения технологических расчетов.

- Расчет общей производительности.
- Определение потребности в сырье.
- Расчет основного технологического и транспортного оборудования.
- Определение потребных емкостей бункеров, складских и бытовых помещений.
- Расчет потребности цеха в энергетических ресурсах.
- Составление основных положений по технике безопасности.

- Определение технико-экономические показатели цеха и сравнение их с показателями действующих предприятий.

Общими для всех технологических решений являются следующие.

1. Измельчение гипсового камня до состояния щебня или муки:

   - подача в бункера;
   - тепловая обработка;
   - дополнительный помол;
   - подача в силосы готовой продукции.

Пример технологического расчета

Дано:

Состав гипсового камня в %:
- двуводный гипс – 97,38;
- минеральные примеси – 2,32;
- гигроскопическая влага – 0,3;
- содержание гидратной воды в гипсовом камне составляет 20,6%.

Состав вяжущего (полуводного гипса) в %:
- полуводный гипс – 87,8;
- неразложившийся двугидрат – 2,0;
- растворимый ангидрит – 7,7;
- минеральные примеси – 2,5.

Содержание гидратной воды в вяжущем составляет 5,86%.

Решение:

Определяем состав 1 тонны вяжущего по массе.

$$CaSO_4 \text{ x } 0{,}5H_2O = 1000\text{x}0{,}878 = 878 \text{ т};$$
$$CaSO_4 \text{ x } 2H_2O = 1000\text{x}0{,}02 = 20 \text{ т};$$
$$CaSO_4 = 1000\text{x}0{,}077 = 77 \text{ т}.$$

Минеральные примеси составляют 1000 – (878 + 20 + 77) = 25 кг или 1000 x 0,025 = 25 кг.

Определяем потребность в сыром двуводном гипсе для получения 1 тонны полуводного гипса.

Молекулярные массы гипса и продуктов его обезвоживания:

$$CaSO_4 \text{ x } 2H_2O = 172 + 40 + 32 + (4\text{x}16) + 2(2+16);$$
$$CaSO_4 \text{ x } 0{,}5H_2O = 145 = 40 + 32 + (4\text{x}16) + 1{,}5(2\text{x}16);$$

$CaSO_4 = 136 = 40 + 32 + (4x16)$.

Потребность в сырье определяем, пользуясь уравнениями химических реакций образования продуктов дегидратации двуводного гипса:

$$CaSO_4 \text{ x } 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \text{ x } 0{,}5H_2O + 1{,}5H_2O;$$

$$CaSO_4 \text{ x } 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \text{ x } 2H_2O.$$

На получение 145 мас. частей $CaSO_4$ x 0,5 H_2O расходуются 172 мас. части $CaSO_4$ x $2H_2O$.

$$X = \frac{878 \cdot 172}{145} = 1040 \text{ кг } CaSO_4 \text{ x } 2H_2O$$

Растворимый ангидрит $X = \dfrac{77 \cdot 172}{136} = 96{,}8$ кг $CaSO_4$.

Таким образом расход сырья на получение 1000 кг гипса – полугидрата составляет: 1040 + 96,8 + 20 + 25 = 1181,8 кг, а с учетом технологических потерь (1,2%) и гигроскопической влаги камня (0,3%) действительный расход сырого двуводного гипса на получение 1000 кг полугидрата составит

$$X = \frac{1181{,}8}{100 - (1{,}2 + 0{,}3)} = \frac{1181{,}8}{98{,}5} = 1200 \text{ кг.}$$

Определяем количество выделившихся водяных паров из материалов. При образовании $CaSO_4$: 96,8 – 77 = 19,8 кг. Гигроскопической влаги: 1200 x 0,03 = 3,6 кг. Всего водяных паров: 162 + 19,8 + 3,6 = 185,4 кг.

Производительность цеха по готовой продукции определяется по формулам 1, 2, 3 (см. п. 5.1):

$$П_{сут} = \frac{П_{год}}{C_р} = \frac{100000}{365 \cdot 0{,}9} = 302 \text{ т;}$$

$$П_{смен} = \frac{П_{год}}{C_р} = \frac{100000}{365 \cdot 0{,}9 \cdot 3} = 98{,}5;$$

$$П_{час} = \frac{П_{год}}{Г_{вр}} = \frac{100000}{24 \cdot 365 \cdot 0{,}9} = 12{,}65 \text{ т.}$$

Таблица 14

Приход				Расход			
Наим. материалов	Ед. изм.	количество		Наимен. материалов	Ед. изм	количество	
		На 1 т	На год			На 1 т	На год
Природный гипсовый камень	т	1,200	120000	Полуводный гипс	т	0,878	87800
				Двуводный гипс	т	0Ю20	2000
				Растворимый ангидрит	т	0,77	7700
				Минеральные примеси	т	0,25	2500
				Технологические потери	т	0,14	1400
				Гигроскопическая влага	т	0,036	360
				Гидратная влага	т	182,4	18240
ИТОГО	т	1,200	120000	ИТОГО:	т	1200	120000

Примечание. С учетом технологических потерь (1400 т) гидратной влаги (18240 кг), гигроскопической влаги (360,0) завод выдает в год 120000 –(1400 + 18240 + 360) = 100000 тонн строительного гипса.

Таблица 15

Потребность цеха в сырье

Наименование сырья	т/м^3	Ед. изм.	Расходы			
			в час	в смен.	в сут.	в год
Природный гипсовый камень	1,4	Т/м^3	15,2 10,8	118,2 84,5	362 258,2	120000 85750
Дробленый щебень	1,2	Т/м^3	15,2 12,6	118,2 98,6	362 301	120000 100000
Готовый продукт (печь)	0,9	Т/м^3	15,2 16,9	118,2 132,0	362 402	120000 133500

10. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Задания выдаются студентам руководителями курсовой работы в начале семестра.

При выдаче задания руководитель дает студентам необходимые пояснения по содержанию задания и его выполнению, знакомит с методическими указаниями и списком рекомендуемой литературы.

До начала непосредственного выполнения курсовой работы студент должен ознакомиться с рекомендуемой литературой, методическими разработками, а также с литературой, подобранной самостоятельно.

Следующим этапом является выбор и обоснование технологической схемы производства и выполнение технологических расчетов. Принятые решения согласовываются и уточняются с руководителем. Затем вычерчивается технологическая схема производства, пишется пояснительная записка. В начале третьей недели работа в готовом виде представляется на проверку руководителю, который одновременно является нормоконтролером и должен с этих позиций проверить курсовую работу и поставить свою подпись.

11. ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Защита курсовой работы осуществляется перед комиссией в составе не менее двух преподавателей (из которых один является руководителем курсовой работы), назначаемой заведующим кафедрой. Комиссия выносит соответствующую оценку, которая выставляется на последней странице расчетно-пояснительной записки и заносится в экзаменационную ведомость.

Доклад автора курсовой работы должен содержать: краткое изложение задания, перечень использованных материалов, характеристику принятых решений и их обоснование, основные технико-экономические показатели курсовой работы. При изложении содержания работы надлежит четко указать новые технические и технологические решения, реализованные в работе.

12. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Негинский М.С. Основы проектирования цементных заводов. – М.: Промстройиздат, 1949. –320 с.
2. Бутт Ю.М. и др. Химическая технология вяжущих материалов. – М.: Высшая школа, 1980. –472 с.
3. Справочник по производству цемента /под ред. Н.И.Холина. – М.: Госстройиздат, 1963. –833 с.
4. Несвижский О.А., Дешко Ю.И. Справочник механика цементного завода. –М.: Стройиздат, 1977. –336 с.
5. Справочник по проектированию цементных заводов /под ред. С.И.Данюшевского. – Л.: Стройиздат, 1969. –327 с.
6. Крашенинников М.Н. и др. Проектирование цементных и асбестоцементных заводов. –Л. – М.: Стройиздат, 1966. –345 с.
7. Строительные машины. –Т.2. – Справочник. –М.: Машиностроение, 1991.
8. Краткий справочник технолога цементного завода /под ред. И.В.Кравченко, Т.Г.Мешик. – М.: Стройиздат, 1974. – 242 с.
9. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. Атлас конструкций /под ред. М.Я.Сапожников. –М.:Машиностроение, 1978. –111 с.
10. Дешко Ю.И. и др. Измельчение материалов в цементной промышленности. –М.: Стройиздат, 1966. – 271 с.

11. Боганов А.И. Вращающиеся печи цементной промышленности. – М.: Машиностроение, 1965. – 319 с.
12. Волженский А.Б. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1986. – 464 с.
13. Монастырев А.В. Производство извести. –М.: Стройиздат, 1972. – 207 с.
14. Монастырев А.В. Производство извести. – М.: Высшая школа, 1971. – 272 с.
15. Табунщиков Н.П. Производство извести. –М.: Химия, 1974. – 239 с.
16. Вахнин А.П., Анищенко А.А. Производство силикатного кирпича. – М.: Высшая школа, 1977. – 160 с.
17. Троцко Т.Т., Барановский В.Б. Цветной силикатный кирпич. – Киев: Будивельник, 1977. – 87 с.
18. Мухина Т.Г. Производство силикатного кирпича. –М.: Высшая школа, 1967. – 179 с.
19. ГОСТ 9179-77. Известь строительная. –М.: Издательство стандартов. 1977. – 19 с.
20. ГОСТ 22688-79. Методы испытаний строительной извести. –М.: Издательство стандартов. 1979. – 15 с.
21. ГОСТ 379-95. Силикатный кирпич. –М.: Издательство стандартов. 1995. –17 с.
22. Русол В.С. Получение извести обжигом мелких фракций в установках скоростной термообработки. –Кишинев: Изд. ЦК КП Молдавии, 1973. –123 с.
23. ОСТ 21-2776. Породы карбонатные для производства извести. – М.: Издательство стандартов. 1976. – 10 с.
24. ОСТ 21-1-80. Песок для силикатного кирпича. Тех.условия. –М.: Издательство стандартов. 1980. –12 с.
25. Старостин В.А. Технологические измерения и контрольно-измерительные приборы в промышленности строительных материалов. –М.: Стройиздат. 1982. –286 с.
26. Журавлев М.И., Фоломеева А.А. Механическое оборудование предприятий вяжущих материалов и изделий на базе их. –М.: Высшая школа, 1981. –230 с.
27. Журавлев М.И. Оборудование заводов вяжущих материалов. –М.: Высшая школа, 1967. –264 с.
28. Машины и оборудование для производства железобетона и цемента. Каталог-справочник. –М.: Стройиздат, 1989. –182 с.
29. Хавкин Л.М. Технология силикатного кирпича – М.: Эколит, 2011. – 384 с
30. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 368с.
31. Пащенко А.А., Сербин В.П., Старчевская Е.А. Вяжущие материалы. –Киев: Вища школа, 1983. – 438 с.

32. Вихтер Я.И. Производство гипсовых вяжущих веществ. –М.: Высшая школа. 1974. –271 с.
33. ГОСТ 125-79. Вяжущие гипсовые. Тех.условия. –М.: Издательство стандартов. 1979. – 18 с.
34. Зубарев К.В. Справочник по производству гипса и гипсовых изделий. –М.: Стройиздат. 1963. – 464 с.
35. Копелянский Г.Д., Печуро С.С. Заводы гипса и гипсовых изделий. – М.-Л.: Стройиздат, 1952. –173 с.
36. Булычев Г.Г. Смешанные гипсы. –М.: Стройиздат, 1952. – 135 с.
37. Нагибин Г.В., Павлов В.Ф., Эллерн М.А. Технология теплоизоляционных материалов и гипсовых вяжущих. –М.: Высшая школа, 1978. –424 с.
38. Волженский А.В., Роговой М.И., Стамбулко В.И. Гипсоцементные и гипсошлаковые вяжущие изделия. – М.: Стройиздат, 1960. – 168 с.
39. Нормы технологического проектирования предприятий по производству извести СН 28-81-75 (Министерство пром. строительных материалов СССР). –М.: 1975. –48 с.
40. Куприянов В.Н. Технология производства силикатных изделий. – М.: Высшая школа, 1975. –270 с.
41. Холопова Л.И., Бушмина И.Ю. Окрашивание автоклавных силикатных материалов. –Л.:Стройиздат. 1971. –151 с.
42. Мазуров Д.Я. Теплотехническое оборудование заводов вяжущих материалов. –М.: Стройиздат. 1982. – 288 с.
43. Боженов П.И. Технология автоклавных материалов. –Л.: Стройиздат. 1978. –368 с.
44. Монастырев А.В., Александров А.В. Печи для производства извести. Справочник. –М.: Металлургия. 1979. – 232 с.
45. Болдин В.П. Производство гипсовых вяжущих материалов. –М.: Высшая школа. 1988. –167 с.
46. Брюкнер Х., Дейлер Е. И др. Гипс. Изготовление и применение гипсовых стриотельных материалов. –М.: Стройиздат. 1981. – 233 с.
47. Строительные машины. –Т.2. – Справочник / под ред. М.Н.Горбовца. – М.: Машиностроение, 1991. –494 с.
48. Проектирование цементных заводов/под ред. А.В.Зозули и Ю.В.Никифорова. – СПб.: Синтез, 1995. – 445 с.
49. Сулименко Л.М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе. –М.: Высшая школа, 2000. – 303 с.
50. Лямин В.Н., Горбовец М.Н., Быховский И.И. Строительные машины: справочник. –Т. 2: Оборудование для производства строительных материалов и изделий/ под общ. ред. М.Н. Горбовца. – М.: Машиностроение, 1991. – 496 с.

51. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. Технология и свойства. – М.: Эколит, 2011. – 480 с.
52. Монастырев А.В., Галиахметов Р.Ф. Печи для производства извести. – Воронеж: Истоки, 2011. – 392 с.
53. Вахнин М.П., Анищенко А.А. Производство силикатного кирпича. – М.: Высшая школа, 1989. –200 с.
54. ГОСТ 21-27-76. Породы карбонатные для производства извести. – М.: Издательство стандартов, 1976. – 10 с.
55. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий по производству извести ОНТП-10-85 (Минстройматериалов СССР). –М.: 1986. –41 с.
56. Дворкин Л.И.,Дворкин О.Л. Строительные минеральные вяжущие материалы.– Москва:Инфра-Инженерия,2011.– 544 с.
57. Кравченко И.В., Кузнецова Т.В., Власова М.Т., Юдович Б.Э. Химия и технология специальных цементов / под ред. И.В.Кравченко.–М.: Стройиздат,1979. –208 с.
58. Михайлов В.В., Литвер С.Л. Расширяющийся и напрягающий цементы и самонапряженные железобетонные конструкции.–М.: Стройиздат, 1974.– 312 с.
59. Справочник по химии цемента / под ред. Б.В.Волконского и Л.Г.Судакаса.– Л.:Стройиздат,1980.–224 с.
60. Судакас Л.Г. Фосфатные вяжущие системы .– СПб.: РИА «Квинтет», 2008.– 260 с.
61. Теория цемента / под.ред. А.А.Пащенко.–Киев.: Будивельник,1991.– 168 с.
62. Хигерович М.И. Гидрофобный цемент и гидрофобнопластифицирующие добавки.– М.:Госстройиздат,1957.–205 с.
63. ГОСТ 30515-97 Цементы. Общие технические условия. –М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1998.
64. ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия . Госстрой СССР. – М: Издательство стандартов, 1991.
65. ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия. М.: ФГУП ЦПП, 2004.
66. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента: краткий курс лекций. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 308 с.
67. Болотских О.Н. Европейские методы физико-механических испытаний цемента. – Харьков.: Харьковская национальная академия, 2008.
68. Цементы, бетоны, строительные растворы и сухие смеси: Справочник. – Ч.1/ под ред. П.Г. Комохова. – СПб.: Профессионал, 2007. – 804 с.
69. Шмитько Е.И. Химия цемента и вяжущих веществ. – СПб.: Проспект Науки, 2006. – 206 с.

70. Рояк С.М., Рояк Г.С. Специальные цементы. – М.: Стройиздат, 1993. – 416 с.
71. Голованова Л.В. Общая технология цемента. – М.: Стройиздат, 1984. – 118 с.
72. Алексеев Б.В. Технология производства цемента. – М.: Высшая школа, 1980. – 266 с.

13. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Средняя плотность шлама в зависимости от влажности

Влажность шлама, %	Средняя плотность шлама, кг/м^3
45	1550
40	1600
35	1650

Условная влажность сырьевых материалов

№№	Вид сырья и добавок	Естественная влажность, %
1.	Известняки твердые, кристаллические	3-5
2.	Известняки рыхлые	5-8
3.	Мел	15-25
4.	Мергель	8-18
5.	Глина	10-25
6.	Шлак доменный гранулированный (полусухой грануляции)	8-12
7.	Шлак доменный гранулированный (мокрой грануляции)	20-25
8.	Каолин-сырец	10-25

Приложение 2

Насыпная плотность различных материалов

№№	Наименование материала	Насыпная плотность, т/м^3
1.	Глина в естественном состоянии	1,8-2,0
2.	Глина сухая	1,4-1,6
3.	Известняк плотный	2,5-3,0
4.	Известняк дробленый	1,4-1,7
5.	Известняк-ракушечник	1,2-1,3
6.	Мел плотный	2,2-2,6
7.	Мел рыхлый	1,4-1,6
8.	Мергель плотный	2,2-2,5
9.	Мергель дробленый	1,3-1,4
10.	Песок	1,4-1,6

11.	Клинкер шахтной печи	1,4
12.	Лесс	1,8
13.	Трепел	0,7
14.	Клинкер вращающейся печи	1,6
15.	Диатомит	0,9
16.	Гипсовый камень	1,4
17.	Гипсовый камень дробленый	1,2-1,8
18.	Строительный гипс рыхлый	0,9
19.	Шлак гранулированный	0,6
20.	Портландцемент	1,2-1,6
21.	Известково-пуццолановый цемент в уплотненном состоянии	0,8-0,9
22.	То же в рыхлом состоянии	0,5-0,6
23.	Пуццолановый цемент в уплотненном состоянии	1,4-1,6
24.	То же в рыхлом состоянии	0,9-1,0
25.	Известково-шлаковый цемент	1,3-1,4
26.	Шлакопортландцемент	1,15-1,3
27.	Известь комовая	1,2-1,8
28.	Известь в уплотненном состоянии	0,5-0,7
29.	Известь в рыхлом состоянии	0,4-0,5
30.	Зола ТЭЦ	1,0-1,5

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение…… 3
2. Тематика курсовых работ…… 3
3. Состав и оформление курсовой работы…….. 4
4. Содержание расчетно-пояснительной записки…….. 4
5. Технологические расчеты…… 6
6. Особенности проектирования цеха подготовки сырья и цеха обжига на цементном заводе…… 10
7. Особенности проектирования цеха помола смешанных цементов…. 21
8. Особенности проектирования цеха по производству воздушной извести и силикатных кирпичей (камней)…… 30
9. Особенности проектирования цеха по производству гипсовых вяжущих и изделий из них…….. 37
10. Порядок выполнения курсовой работы…… 40
11. Защита курсовой работы…… 41
12. Список литературы…….. 41
13. Приложения…… 46

Методические указания
к выполнению курсовой работы по дисциплине «Вяжущие вещества»
для студентов 3 курса, специальность 270800.62

Составители: Камалова З.А., Халиуллин М.И.,
Рахимова Н.Р.