

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт архитектуры, строительства и энергетики имени Т.К.Басенова

Кафедра “Строительство и строительные материалы”

Гасанкул Мизамгул Сагынбайкызы

«Завод по производству тампонажного портландцемента производительностью  
40 т/сутки в городе Актау»

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к дипломному проекту

Специальность 5B073000 – Производство строительных материалов, изделий и  
конструкций

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт архитектуры, строительства и энергетики имени Т.К.Басенова

Кафедра “Строительство и строительные материалы”

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**  
Заведующий кафедрой  
«Строительство и  
строительные материалы»

---

Кызылбаев Н.К.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

к дипломному проекту

На тему: «Завод по производству тампонажного портландцемента  
производительностью 40 т/сутки в городе Актау»

по специальности 5В073000 – Производство строительных материалов, изделий  
и конструкций

Выполнил

Гасанкул М.С.

Рецензет

Кандидат технических наук

Научный руководитель

Кандидат технических наук

---

Сартаев Д.Т.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г

---

Абдрахманова К.К.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт архитектуры, строительства и энергетики имени Т.К.Басенова

Кафедра “Строительство и строительные материалы”

5В073000 – Производство строительных материалов, изделий и конструкций

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
«Строительство и  
строительные материалы»

Кызылбаев Н.К.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

### **ЗАДАНИЕ**

#### **на выполнение дипломного проекта**

Обучающемуся Гасанкул Мизамгуль Сагынбайкызы

Тема: Завод по производству тампонажного портландцемента  
производительностью 40 т/сутки в городе Актау

Утверждена приказом Ректора Университета № \_\_\_-п от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г

Срок сдачи законченной работы: «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г

Исходные данные к работе: Завод по производству тампонажного  
портландцемента производительностью 40 т/сутки в городе Актау

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) *технологический часть*
- б) *теплотехнический часть*
- в) *архитектурно-строительная часть*
- г) *экономическая часть*

Перечень графического материала: генплан предприятия, планы и разрезы основных производственных цехов предприятия, технологическая схема производства, технологические карта изделия, технико-экономические показатели завода

представлены \_\_\_\_\_ слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература:

1 Строительные материалы и изделия. Издание 3-е переработанное и дополненное. М., «Высшая школа», 2012 г., 536 с.;

2 ГОСТ 1581-96. Тампонажные цементы. Технические условия

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Институт архитектуры, строительства и энергетики имени Т.К.Басенова

Кафедра “Строительство и строительные материалы”

**ГРАФИК**

подготовки дипломного проекта

| Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов | Сроки представления научному руководителю | Примечание |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------|
| 1 Технологическая часть                                  | 4 марта – 13 марта                        |            |
| 2 Теплотехническая часть                                 | 13 марта – 25 марта                       |            |
| 3 Архитектурно-строительная часть                        | 25 марта – 3 апреля                       |            |
| 4 Экономическая часть                                    | 3 апреля – 19 апреля                      |            |

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект  
с указанием относящихся к ним разделов проекта

| Наименования разделов           | Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание) | Дата подписания | Подпись |
|---------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|---------|
| Технологическая часть           |                                            |                 |         |
| Теплотехническая часть          |                                            |                 |         |
| Архитектурно-строительная часть |                                            |                 |         |
| Экономическая часть             |                                            |                 |         |
| Нормоконтролер                  | Бек А.А.                                   |                 |         |

Научный руководитель \_\_\_\_\_ Абдрахманова К.К.

Задание принял к исполнению обучающийся \_\_\_\_\_ Гасанкул М.С.

Дата “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Введение</b>                                                                    |    |
| <b>1 Технологическая часть</b>                                                     | 7  |
| 1.1 Рынок цемента в Казахстане                                                     | 7  |
| 1.2 Режим работы завода                                                            | 7  |
| 1.3 Номенклатура выпускаемой продукции                                             | 8  |
| 1.4 Характеристика сырья                                                           | 10 |
| 1.5 Выбор и обоснование способа производства и схемы технологического процесса     | 13 |
| 1.6 Технологическая схема проектируемого завода                                    | 14 |
| 1.7 Материальный баланс предприятия                                                | 18 |
| 1.8 Выбор и расчет основного технологического оборудования                         | 20 |
| 1.9 Контроль качества                                                              | 21 |
| <b>2 Теплотехническая часть</b>                                                    | 24 |
| 2.1 Расчет горения топлива                                                         | 25 |
| 2.2 Материальный баланс по сырью                                                   | 27 |
| 2.3 Теоретические затраты тепла на клинкеробразование                              | 29 |
| 2.4 Тепловой баланс печи и определение удельного расхода топлива на обжиг клинкера | 30 |
| 2.5 Материальный баланс установки                                                  | 32 |
| <b>3 Архитектурно-строительная часть</b>                                           | 34 |
| 3.1 Планировочные решения генплана                                                 | 34 |
| 3.2 Объемно - планировочные решения                                                | 35 |
| <b>4 Экономический раздел</b>                                                      | 37 |
| 4.1 Расчет инвестиционных издержек                                                 | 37 |
| 4.2 Расчет себестоимости продукта                                                  | 39 |
| <b>Заключение</b>                                                                  | 41 |
| <b>Список использованной литературы</b>                                            |    |
| <b>Приложение А</b>                                                                |    |
| <b>Приложение Б</b>                                                                |    |

## **1 Технологическая часть**

### **1.1 Рынок цемента в Казахстане**

Цемент является значимым строительным материалом в Казахстане. Для его производства в стране есть вся необходимая сырьевая база.

В Казахстане выявлены и разведаны крупнейшие запасы карбонатного и кремнеземистого сырья, пригодного для производства цемента. Основные месторождения карбонатного сырья распространены по всей территории республики, и общие балансовые запасы составляют более 3 млрд. тонн. Выявлено 13 месторождений мела, который используется в производстве цемента и строительной извести. Совокупные запасы составляют 136,14 млн. тонн. Казахстан уникален широким распространением кремнеземистых пород (опоки, диатомиты, трепелы), которые используются преимущественно для производства высококачественных цемента.

Особенность рынка цемента в Казахстане заключается в том, что на рынке преобладает цемент отечественного производства, доля которого составила 91,2% на 2017 год.

Общий объем потребления цементной продукции в 2017 году в РК составил 9,4 млн. тонн (производство+импорт-экспорт), из них объем импорта в Казахстан составил 0,82 млн. тонны. Основным импортером цемента была Россия (74% от общего импорта в 2017 году).

Официально, на декабрь 2017, в Казахстане зарегистрировано 65 предприятий, чья деятельность относится к ОКЭД (общий классификатор экономической деятельности) 23510 «Производство цемента, включая клинкеры». Однако активными предприятиями являются всего 22.

Тампонажный цемент в РК производится с 2019 года.

### **1.2 Режим работы предприятия**

Для установки фактического количества часов работы основного технологического оборудования необходимо воспользоваться формулой

$$T_p = T_{\Gamma} \cdot K_{\text{и}} \quad (1)$$

где  $T_{\Gamma}$ - годовой календарный фонд времени, ч;  
 $K_{\text{и}}$ - коэффициент использования оборудования.

Таблица 1 – Режим работы предприятия

| Наименование цехов и отделений | Кол-во рабочих дней в году | Кол-во смен в сутки | Дл-сть рабочей смены | Годовой фонд эксплуат. времени | Коэф. использ. времени | Годовой фонд раб. времени в часах |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Отдел цементных мельниц        | 365                        | 2                   | 8                    | 5840                           | 0.85                   | 4964                              |
| Сушильное отделение            | 262                        | 2                   | 8                    | 4192                           | 0.87                   | 3647                              |
| Складские отделения            | 262                        | 2                   | 8                    | 4192                           | 1                      | 4192                              |

### 1.3 Номенклатура выпускаемой продукции

На проектируемом предприятии планируется выпускать 2 вида тампонажного портландцемента: тампонажный портландцемент на основе шлакопортландцемента и на основе сульфатостойкого портландцемента. Ниже указаны свойства выпускаемых видов цемента.

Тампонажный цемент на основе шлакопортландцемента (ШПЦТ) – гидравлическое вяжущее, которое получают путем тонкого помола цементного клинкера совокупно с доменным шлаком гранулированными и с двухводным гипсом.

В ШПЦТ вводят гипс, чтобы регулировать сроки схватывания, вдобавок в качестве активизатора твердения. По свойствам шлакопортландцемент похож на обычный портландцемент, но выигрывает от него гораздо низкой ценой примерно на 15-20%.

Процессы твердения обычного гипса более просты, в отличие от шлакопортландцемента, ибо в реакции с водой принимают участие оба его элемента: клинкер и гранулированный шлак. При твердении при обычных температурах 10-25 °С при высоких 80-90 °С состав новообразований одинаковый. Объем шлакопортландцемента при твердении изменяется равномерно. При твердении тепловыделение меньше, чем у портландцемента. Тепловыделение меньше, если в цементе много шлака.

Жаростойкость ШПЦ куда превосходит жаростойкость ПЦ. Шлакопортландцемент выдерживает высокие температуры и их воздействие длительное (600-800°С) без снижения прочности. Данный феномен поясняется, непосредственно, малым содержанием свободного гидроксида кальция Са(ОН). А также шлакопортландцемент устойчивее к мягким и сульфатным водам, чем обычный портландцемент.

Физико-технические характеристики для ШПЦ:

Истинная плотность 2,8 – 3 г/см. водопотребность 28% Сроки схватывания не ранее 45 мин. и конец не позднее 10 ч. Активность 50 МПа. Морозостойкость 50 – 100 циклов.

Тампонажный цемент на основе сульфатостойкого портландцемента с минеральными добавками (СТПЦ).

По ГОСТ 22266-03 к группе цемента относится: СТПЦ с минеральными добавками, его получают путем измельчения портландцементного клинкера нормированного минерального состава с добавлением добавки.

В СТПЦ допускается вводить шлак доменный гранулированный (содержащие оксид алюминия не более 8 % ) в количестве 10 – 20 % . Гранулированные доменные шлаки по своим свойствам должны удовлетворять требованиям ГОСТ 3476 – 76. Высокая стойкость этих цемента в сульфатных водах обусловлена тем, что в затвердевшем состоянии они содержат пониженное количество высокоосновных гидроалюминатов кальция. Этим устраняется возможность образования значительного количества гидросульфатоалюмината кальция трех сульфатной формы, вызывающего коррозию портландцементного камня. Развитие коррозионных процессов замедляется также вследствие ограниченного содержания в клинкере алита. Для улучшения свойств этого цемента допускается вводить пластифицирующие или гидрофобизирующие добавки в количестве не более 0,3 % по массе цемента.

При производстве цемента применяют: клинкер, по химическому составу соответствующий технологическому регламенту. Массовая доля оксида магния (MgO) в клинкере не должна быть более 5 %.

Таблица 2 – Физико – механические показатели

| Наименование показателей                                                                                                    | ПЦТ II-СС-50 | ШПЦТ III-Об 5-100 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|
| Прочность при изгибе, Мпа, не менее, в возрасте                                                                             |              |                   |
| 1 сут                                                                                                                       | -            | -                 |
| 2 сут                                                                                                                       | 2,7          | 1,0               |
| Тонкость помола<br>- остаток на сите №008 по ГОСТ 6613, %, не более<br>- удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг, не менее | 270<br>12,0  | 250<br>12,0       |
| Водоотделение, мл, не более                                                                                                 | 8,7          | 7,5               |
| Растекаемость цементного теста, мм,                                                                                         |              |                   |



|                                                     |     |    |
|-----------------------------------------------------|-----|----|
| не менее                                            | 200 | -  |
| Время загустевания<br>консистенции, мин не<br>более | 90  | 90 |

#### 1.4 Характеристика сырья

Сырьевыми материалами для производства клинкера служат карбонатные горные породы с высоким содержанием углекислого кальция, глинистые породы, содержащие кремнезем, глинозем и окись железа, и гипс. В среднем на изготовление 1 тонны цемента требуется до 1,5 тонн исходного сырья.

Окись кальция  $\text{CaO}$  вводится в цемент в виде известняков независимо от содержания в них глины. Известняки и мел содержат до 90% и более углекислого кальция и небольшие количества кварцевого песка, глинистых минералов и др. Плотность известняков 1750-2950 кг/м<sup>3</sup>, влажность 0,13-10,7%. С глиной вводятся кремнезем  $\text{SiO}_2$  (70-80%), глинозем  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (3-10%), окись железа  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (3-6%) и небольшое количество карбонатов кальция и магния. Включения веществ, содержащих окислы  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , а также  $\text{MgO}$  нежелательны, и их количество должно быть минимальным. Влажность глин колеблется в пределах 15-25%, плотность 1800-2000 кг/м<sup>3</sup>. Поскольку не всегда удается получить клинкер требуемого состава, то применяют корректирующие добавки, содержащие значительное количество какого-либо из недостающих окислов клинкера. К примеру, кварцевый песок применяют для увеличения содержания  $\text{SiO}_2$ .

Наряду с материалами природного происхождения цементная промышленность использует побочные продукты разных отраслей промышленности, например доменные шлаки. В состав доменных шлаков входят окислы:  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$  и сернистые соединения  $\text{CaS}$ ,  $\text{MnS}$ ,  $\text{FeS}$ . В незначительных количествах встречаются и другие окислы, существенно не влияющие на свойства шлаков. Преобладающими в доменных шлаках являются  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и отчасти  $\text{MgO}$ , суммарное содержание которых достигает 90-95%. Главными фазами в шлаках являются преимущественно мелилит, ларнит и анортит. При обычных температурах (до 15-25°C) шлаки почти не проявляют во взаимодействии с водой и, следовательно, не твердеют. Доменные шлаки, предназначенные для изготовления вяжущих веществ гранулируют, то есть охлаждают водой, паром или воздухом.

Стандартом не допускается в доменных гранулированных шлаках наличие плотных негранулированных кусков и посторонних примесей./4/

При производстве цемента с целью замедления сроков его схватывания в состав шихты, наряду с клинкером, вводят гипс - двуводный сульфат кальция

( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), содержание которого в цементе определяется качеством породы-гипсового камня. Плотность гипса колеблется от 2,2 до 2,4 г/см<sup>3</sup>.

Месторождение Саура-II - Тупкараганский район Мангистауской области, 55 км юго-восточнее г. Форт-Шевченко, 78 км севернее г. Актау, связь с ним по шоссе (400 м к югу от месторождения). По южной границе месторождения проходит ЛЭП-110. Район экономически освоен. В верхней части полезной толщи, относящейся к понтическому ярусу нижнего плиоцена, отмечаются включения и прослойки мелкой ракушки и линзообразные прослойки мергелей и глин размером 50x200 м до 400x800 м и мощностью 0,1 до 1,4 м. Залегание известняков горизонтальное пластовое, выдержанное по простиранию и мощности. Кровля (вскрыша) мощностью от 0,8 до 4 м, в том числе рыхлые современные супесь и суглинки - 0,4 до 3,7 м и скальные - 0,1 до 1 м. Подстилающие породы - мергель и глины мэотического яруса верхнего миоцена. Разведанная залежь имеет длину 600 м, ширину 800 м, мощность от 3,8 до 10,2 м (средняя 7,4 м).

Таблица 3 – Химический состав известняка

| SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O | CaCO <sub>3</sub> | MgCO <sub>3</sub> |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------------------------|-------------------|-------------------|
| 7,31             | 0,42                           | 0,34                           | 52,55 | 0,59 | 0,68                               | 93,5              | 1,2               |

Таблица 4 – Физико-механические свойства известняков

| Наименование показателей                         | Пильные камни    | Облицовочные камни |
|--------------------------------------------------|------------------|--------------------|
| Объемная масса (г/см <sup>3</sup> )              | 1,51-1,89 (1,67) | 1,51-1,89 (1,67)   |
| Предел прочности на сжатие (кг/см <sup>2</sup> ) |                  |                    |
| -в воздушно-сухом состоянии                      | 14-152 (52)      | 50-155 (100)       |
| -в водонасыщенном состоянии                      | 18-56 (36)       | -                  |
| -после 15 циклов замораживания                   | 11-96 (38)       | -                  |
| Потери массы после 15 ч. замораживания (%)       | 10               | 10                 |
| Водопоглощение (%)                               | 13-20,3 (15,6)   | -                  |
| Коэффициент размягчения                          | 0,5-1 (0,66)     | 0,65-1,0 (0,75)    |

Известняки мелкопористые, естественная радиоактивность соответствует ОСП 72/87, пригодны для получения пильных и облицовочных камней и как карбонатное сырье для извести.

Карбонатное сырье для извести - II и III сортов. Запасы известняков, учтенные госбалансом, составляют по категориям В+С1 7528 тыс. м<sup>3</sup>, в том

числе по В - 2479 тыс. м<sup>3</sup>, С1 - 5049 тыс. м<sup>3</sup>. Горнотехнические условия эксплуатации благоприятные.

Месторождение Чернореченское расположено Балыкшинском районе Атырауской области, в 1,5 км к северо-западу от г. Атырау, с которым связано автодорогой и подъездной ж.д. веткой. К месторождению подведена ЛЭП. Район экономически освоен. Здесь прослежено одно пластовое тело гипса, выдержанное по простиранию и ограниченное сбросами. Возраст - пермский (кунгурский ярус). Средняя мощность перекрывающих четвертичных суглинков - 1,25м. Длина ее 4500 м, ширина 2500 м, мощность 20 м. Среднее содержание двухводного гипса 95,5 %, при колебании от 81,7 до 97,6. Закономерность распределения гипса по качеству и сортности не выявлена. Запасы, учтенные госбалансом (тыс.т), составляют по А+В+С1 - 24400, забалансовые 1600. Добыча с начала разработки 156 тыс.т. Остаток по А+В+С1 - 24244 тыс.т, подсчет запасов производился при содержании гипса 95,5 %. При технологических испытаниях получен строительный гипс, отвечающий требованиям ГОСТа Р 57957-2017, отнесенный к 1 сорту для производства вяжущих материалов. Горнотехнические условия добычи - благоприятные. Применен открытый способ обработки.

Таблица 5 – Химический состав гипса

| SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO         | MgO | SO <sub>3</sub> | H <sub>2</sub> O |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|-----|-----------------|------------------|
| 0,01-12,55       | 0,2-3,73                       | 0,02-1,35                      | 26,97-32,23 | -   | 34,4-46,69      | 16,48-20,05      |

Таблица 6 – Физико-механические свойства гипса

|                                                                                           |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Предел прочности при сжатии в воздушно-сухом состоянии при T=130С, кг/см <sup>3</sup>     | 55,0 |
| Предел прочности при растяжении в воздушно-сухом состоянии при T=130С, кг/см <sup>3</sup> | 30,5 |
| Объемная масса, г/см <sup>3</sup>                                                         | 2,14 |
| Плотность, г/см <sup>3</sup>                                                              | 2,33 |
| Влажность естественная, %                                                                 | 4,1  |

Таблица 7 – Минеральный состав руд, %

| ангидрит | кварц    | кальцит | глинистый материал |
|----------|----------|---------|--------------------|
| 0,48-6,4 | 1,6-18,5 | 1,6-4,9 | 1,0-7,3            |

Место образования доменных шлаков Карагандинский металлургический комбинат. Запасы в отвалах – 13,3 млн.т.

Таблица 8 – Физико-механические свойства

|                              |      |
|------------------------------|------|
| Плотность, г\см <sup>3</sup> | 2,87 |
| Модуль основности            | 0,76 |
| Модуль активности            | 0,38 |
| Температура плавления, С     | 1400 |

Расплавы средне текучи, вспучиваемость высокая, кристаллизуемость повышенная.

Таблица 9 – Минералогический состав доменного шлака, (%)

|                                                              |       |
|--------------------------------------------------------------|-------|
| Стекловидная фаза                                            | 80-85 |
| Двухкальциевый силикат и другие кристаллические составляющие | 10-15 |

Таблица 10 – Средний химический состав, (%)

|                  |                                |       |      |      |      |      |
|------------------|--------------------------------|-------|------|------|------|------|
| SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | MnO  | FeO  | S    |
| 33,96            | 11,53                          | 37,57 | 0,29 | 0,42 | 0,39 | 1,11 |

Доменный шлак гранулируется в количестве 70-75% от выхода и отправляется потребителям; 30-35% шлака в виде скардовин и коржей выбивается на отвале (ковшовые остатки). Грубодробленный шлак подается автотранспортом на участок переработки на щебень или в отвал. Площадь отведенная под отвалы: доменного шлака – 11га. (ковшовых остатков), сталеплавильных шлаков – 300га.

Гранулированный доменный шлак полностью потребляется на цементных заводах республики. Ковшовые остатки в незначительном количестве в виде щебня отпускаются строительным организациям для засыпки дорог. Сталеплавильные шлаки из отвалов не используются.

### **1.5 Выбор и обоснование способа производства и схемы технологического процесса**

Производство тампонажного цемента - сложный технологический процесс добычи и доставки на завод исходных сырьевых, приготовления сырьевой смеси (дробление, помол и усреднение ее состава), обжига сырьевой смеси до спекания (получение портландцементного клинкера), совместного помола клинкера с шлаком, гипсом и добавками или смешивания тех же материалов, измельченных раздельно.

Подготовка сырьевой смеси к обжигу на сегодняшний день возможна тремя способами - мокрым, сухим и комбинированным.

Предварительный выбор производства тампонажного зависит от того, в каком состоянии находится сырье для будущей переработки, а также от вида и сорта топлива, предназначенного для обжига портландцементного клинкера.

В нашей стране преобладание мокрого способа подготовки сырьевой смеси является следствием ряда технических и экономических факторов. В водной среде облегчается измельчение материалов, при их совместном помоле быстро достигается высокая однородность смеси, но расход топлива на обжиг сырьевой смеси при мокром способе два раза больше, чем при сухом. Кроме того, значительно возрастают размеры обычных вращающихся печей при обжиге в них мокрой сырьевой смеси, так как эти тепловые агрегаты в значительной мере выполняют функции испарителей воды.

Сухой способ, несмотря на его технико-экономические преимущества по сравнению с мокрым, длительное время находил ограниченное применение вследствие пониженного качества получаемого клинкера. Однако успехи в технике тонкого измельчения и гомогенизации сухих смесей обеспечили возможность получения высококачественных шлакопортландцементов и по сухому способу. Это предопределило резкий рост в последние десятилетия подготовки сырьевой смеси по этому способу.

Применение находит и третий, так называемый комбинированный способ. Сущность его заключается в том, что подготовка сырьевой смеси осуществляется по мокрому способу, затем шлам обезвоживается на специальных установках и направляется в печь. Комбинированный способ по ряду данных почти на 30% снижает расход топлива по сравнению с расходом по мокрому способу, но при этом возрастают трудоемкость производства и расход электроэнергии.

На данном проектируемом предприятии используется сухой способ подготовки сырьевых компонентов

## **1.6 Технологическая схема проектируемого завода**

Известняк, поступающий из карьера, проходит двухстадийное дробление в щековой и молотковой дробилках. Глина, также с карьера, измельчается в валковой дробилке. В соответствии с ВНТП-06-91 наиболее благоприятными для сухого способа производства являются сырьевые материалы с естественной влажностью:

карбонатного компонента - не более 5,0%;

глинистого компонента - не более 25,0%.

При этом естественная влажность приготавливаемой из этих материалов сырьевой шихты, должна составлять 8-10%, что позволяет высушивать ее только теплом газов и воздуха, отходящих от печного агрегата

Огарки, как корректирующая добавка, подаются в мельницу. Затем известняк через усреднительный склад и конвейер направляется в барабанную мельницу на совместный помол. В мельнице производится одновременная подсушка материала газами, поступающими от запечных теплообменных устройств. Измельченный материал воздушным потоком направляется в сепаратор, где производится его разделение на тонкую и грубую фракции. Затем тонкая фракция через циклоны, аэрожелобы и дозирующие устройства поступает в силосы сырьевой муки, а грубая фракция через сепаратор на домол в мельницу.

Сырьевая мука из силосов, оборудованных устройствами смесительной аэрации, аэрожелобом и питателями транспортируется в циклонные теплообменники, где нагревается выходящими из печи газами до 700-750°C. Из теплообменников сырьевая мука самотеком направляется во вращающуюся печь.

Клинкер, выходящий из печи, охлаждается в холодильнике. Затем клинкер пластинчатым конвейером направляется в силосный склад, оборудованный дозаторами. В этот же склад подается раздробленный в ударно-молотковой дробилке шлак (при необходимости шлак подсушивают в сушильном барабане) и гипс, прошедший дробление в молотковой дробилке. Доставка осуществляется железно-дорожным транспортом. Со склада клинкер и добавки ленточным конвейером подаются на помол в барабанную мельницу, оборудованную сепаратором. Тонкая фракция от мельницы через циклоны, пневмокамерный насос направляется в силосный склад; грубая - через аэрожелобы, элеватор и центробежный сепаратор на домол в мельницу. Помольный агрегат оборудован аспирационными устройствами; холодильник - электрофильтром; печь скруббером, электрофильтром, дымососами, через которые обеспыленные газы или воздух направляются в атмосферу. Готовый цемент упаковывают в крафт-бумагу или же отпускают валом с на ж/д транспорте или автоцементовозах.

## **1.7 Материальный баланс предприятия**

Материальный баланс определяет потребность завода в сырье, необходимом для технологического процесса. Расчет исходит из ассортимента выпускаемой продукции. В данном случае ассортимент составляет: ТШП - 20% , СТП с минеральными добавками - 80%.

Из принятого режима работы цеха даем расчет объему производства по сырью и готовой продукцией для каждого из технологических переделов в час, сутки, год.

Таблица 11 – Производительность предприятия

| Наименование<br>продукции                                                             | Производительность, т. |         |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------|-------|
|                                                                                       | в год                  | в сутки | в час |
| Тампонажный<br>шлакопортландцемент<br>(ТШП)                                           | 2096                   | 8       | 1     |
| Сульфатостойкий<br>тампонажный<br>портландцемент с<br>минеральными<br>добавками (СТП) | 8384                   | 32      | 4     |

Производительность каждого технического передела.

Тампонажный шлакопортландцемент (ШПЦТ)

$$P_{г} = 2096 \cdot 1 \cdot (1 + 0.5/100) = 2106$$

$$P_{сут} = 2096/262 = 8$$

Отделение цементных мельниц.

$$P_{г} = 2096 \cdot 1 \cdot (1 + (0.5 + 0.5)/100) = 2117$$

$$P_{сут} = 2117/365 = 5.8$$

$$P_{час} = 2117/7446 = 0.3$$

Склад сырья

Потребность цеха в сырье.

$$Д = 14 \quad P_{д} = 0.14$$

$$К = 81 \quad P_{к} = 0.81$$

$$Г = 5 \quad P_{г} = 0.05$$

$$W_{д} = 21$$

Расчет для клинкера.

$$P_{г} = 2117 \cdot 0.81 \cdot \left( \frac{100}{100 - 0.5} \right) = 1723.397$$

$$P_{сут} = \frac{1723.387}{365} = 5$$

$$P_{\text{час}} = \frac{1723,387}{7446} = 0,23$$

Расчет для гипса.

$$P_r = 2117 \cdot 0,05 \cdot \left(\frac{100}{98}\right) = 108$$

$$P_{\text{сут}} = \frac{108}{365} = 0,3$$

$$P_{\text{час}} = \frac{108}{7446} = 0,015$$

Расчет для добавки.

$$P_r = 2117 \cdot 0,14 \cdot \left(\frac{100}{99}\right) = 299,4$$

$$P_{\text{сут}} = \frac{299}{365} = 0,8$$

$$P_{\text{сут}} = \frac{108}{7446} = 0,04$$

Учитываем влажность добавки.

$$P_{\text{сут}} = \frac{43507,69}{365} = 119,2$$

$$P_{\text{сут}} = \frac{43507,69}{365} = 5,84$$

Сульфатостойкий тампонажный портландцемент с минеральными добавками.

$$P_r = 8384 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{0,5}{100}\right) = 8425,92$$

$$P_{\text{сут}} = \frac{8425,92}{262} = 32,16$$

Отделение цементных мельниц.

$$P_r = 8384 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{1}{100}\right) = 8467,64$$



$$P_{\text{сут}} = \frac{8467,84}{365} = 23,2$$

$$P_{\text{сут}} = \frac{8467,84}{7446} = 1,14$$

Склад сырья.

Потребность цеха в сырье.

$$K = 80 \quad P_K = 0.8$$

$$\Gamma = 5 \quad P_\Gamma = 0.05$$

$$Д = 15 \quad P_D = 0.15$$

$$W_D = 21$$

Расчет для клинкера.

$$P_r = 8467,84 \cdot 0,8 \cdot \left( \frac{100}{100 - 0,5} \right) = 6808,31$$

$$P_{\text{сут}} = \frac{6808,31}{365} = 18,7$$

$$P_{\text{час}} = \frac{6808,31}{7446} = 0,9$$

Расчет для гипса.

$$P_r = 8467,84 \cdot 0,05 \cdot \left( \frac{100}{98} \right) = 432$$

$$P_{\text{сут}} = \frac{432}{365} = 1,2$$

$$P_{\text{час}} = \frac{432}{7447} = 0,06$$

Расчет для добавки.

$$P_r = 8467,84 \cdot 0,15 \cdot \left( \frac{100}{99} \right) = 1283$$

$$P_{\text{сут}} = \frac{1283}{365} = 3,52$$

$$P_{\text{час}} = \frac{1283}{7446} = 0,2$$

Учитываем влажность добавки.

$$P_r = 8467,84 \cdot 0,15 \cdot \left( \frac{100}{100 - (1 + 21)} \right) = 1628,43$$

$$P_{\text{сут}} = \frac{1628,43}{365} = 4,5$$

$$P_{\text{час}} = \frac{1628}{7446} = 0,22$$

Таблица 12 - Потребность цеха в сырье

| Наименование<br>продукта | Потребность (тонны) |       |      |      |       |       |         |       |      |
|--------------------------|---------------------|-------|------|------|-------|-------|---------|-------|------|
|                          | Клинкер             |       |      | Гипс |       |       | Добавка |       |      |
|                          | год                 | Сутки | час  | год  | сутки | час   | год     | сутки | час  |
| ТПЦШ                     | 1732,4              | 5     | 0,23 | 108  | 0,3   | 0,015 | 299,4   | 0,8   | 0,04 |
| СТПЦ                     | 6808,31             | 18,7  | 0,9  | 432  | 1,2   | 0,06  | 1283    | 3,52  | 0,2  |

## 1.8 Выбор и расчет основного технологического оборудования

В данном разделе выполняется выбор и основного и вспомогательного оборудования. Под технологическим расчетом оборудования понимают определение производительности машины или установки и определение числа машин, необходимых для выполнения производственной программы по каждому переделу, исходя из рассчитанной в таблице 15 часовой производительности по данному технологическому процессу (переделу).

Выбор и расчет оборудования рекомендуется производить в соответствии с технологической схемой производства, т.е. в порядке установки машин в технологическом потоке от подачи сырья до выхода готовой продукции. Если цех объединяет несколько участков, то расчет оборудования следует производить по участкам; это позволяет установить взаимосвязь отдельных машин в выполнении технологических операций и исключает возможность пропуска какого-либо механизма.

При подборе оборудования следует пользоваться справочниками, каталогами, выбирать машины отечественного производства, серийно выпускаемые нашей промышленностью. Только в особо оговоренных случаях

допускается установка машин нестандартного типа или заграничного изготовления. Следует выбирать наиболее перспективные виды оборудования, обеспечивающие высокую производительность, хорошее качество продукции, безопасные условия работы, возможно большую механизацию и автоматизацию процесса производства.

Таблица 13 – Технические характеристики оборудования

| Оборудование             | Габариты, мм                | Тип (марка)   | Производительность, м <sup>3</sup> /ч | Масса, т | Мощность электродвигателя, кВт |
|--------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------------------------|----------|--------------------------------|
| Валковая дробилка        | 14012х3860х3930             | 2PGC 450×500  | 20 - 55                               | 37,3     | 21                             |
| Молотковая дробилка      |                             |               |                                       |          |                                |
| Шаровая мельница         | -                           | МШЦ-2700×3600 | 22 - 63                               | 86       | 100                            |
| Весовой дозатор          | Ширина ленты - 650          | ДЦ- 500       | 40                                    | 0,48     | 0,6                            |
| Ленточный питатель       | Ширина ленты - 400          | ПЛ- 58        | 40                                    | 0,75     | 2                              |
| Сушильный барабан        | 14012х3860х3930             | СМЦ-440       | 21                                    | 37,3     | 21                             |
| Вращающаяся печь         | Длина 80000<br>Диаметр 4500 | СМЦ-452,4     | 38                                    | 127,3    | 250                            |
| Шламовый смеситель       | 4760х2654х1725              | СМЦ-76        | 113                                   | 3700     | 6                              |
| Ленточный конвейер       | Длина 95000<br>Ширина 800   | К-1730        | 385                                   | =        | 20                             |
| Колосниковый холодильник | 205000х3360х6100            | СМЦ- 410,3    | 75                                    | 250      | 826                            |
| Гидросепаратор           | 800х900х2500                | ГЦ - 500      | 158                                   | 700      | 1,1                            |
| Рукавный фильтр          | 2130х2985х5550              | СМЦ - 40,2    | 9000                                  | 2        | 40                             |
| Циклон                   | Диаметр 600                 | ЦН-15         | 4000                                  | 1,6      | 35                             |

Таблица 14 - Ведомость оборудования цеха

|                                                    |            |
|----------------------------------------------------|------------|
| Рукавный фильтр СМЦ-40,2                           | 1          |
| Наименование и краткая характеристика оборудования | Количество |
| Валковая дробилка 2PGC450 × 500                    | 1          |
| Шаровая мельница МШЦ-2700×3600                     | 2          |
| Весовой дозатор ДЦ- 500                            | 1          |
| Автоматический ленточный питатель ПЛ- 58           | 1          |
| Шламовый смеситель СМЦ-448                         | 1          |
| Сушильный барабан СМЦ-440                          | 1          |
| Вращающаяся печь СМЦ-452,4                         | 1          |
| Пластинчатый конвейер К-1730                       | 1          |
| Колосниковый холодильник СМЦ- 410,3                | 1          |
| Гидросепаратор ГЦ-500                              | 1          |
| Циклон ЦН-15                                       | 1          |

### 1.9 Контроль качества

Портландцемент как строительный материал используется во многих операциях - от заливки фундамента и возведения стен до дорожного строительства и различных ремонтных работ. Поскольку объем сбыта этого материала значительный, появляются и недобросовестные производители, пытающиеся продать фальсификат по цене качественной смеси. Понятно, что использование подделки не может обеспечить соответствие эксплуатационным характеристикам для строительных работ, а потому в обязательном порядке проводится **проверка качества цемента**.

Лабораторные методики позволяют точно установить соответствие цемента заявленной марке и полностью регламентируются ГОСТами - ГОСТ 310.4-81 или ГОСТ 30744-2001 для старых и новых нормативов соответственно. Стандартами регламентируются процедуры определения тонкости помола, периодов схватывания, равномерности изменения объема и прочности на изгиб/сжатие.

Контроль качества приведен в приложении А.

## 2 Теплотехническая часть

### 2.1 Расчет горения топлива

Вращающиеся печи для производства вяжущих веществ широко распространены. Ими производится около 80% всех вяжущих веществ. ВП является печью непрерывного действия, работает по принципу противотока и используется для мокрого, сухого и комбинированного способов производства. Работает на всех видах топлива при их факельном сжигании. Расход условного топлива 45-60кг на 1т готового продукта.

В справочнике находим состав заданного вида топлива на горючую массу и влажность рабочей массы топлива.

Топливо – природный газ.

Таблица 8 – Состав сухого газа, %

| $\text{CH}_4^c$ | $\text{C}_2\text{H}_6^c$ | $\text{C}_3\text{H}_8^c$ | $\text{C}_4\text{H}_{10}^c$ | $\text{C}_5\text{H}_{12}^c$ | $\text{N}_2^c$ | $\Sigma$ |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|----------|
| 95,9            | 1,9                      | 0,5                      | 0,3                         | 0,1                         | 1,3            | 100      |

Сухое газообразное топливо пересчитывают на влажный газ, который подлежит сжиганию. Принимаем содержание влаги 1%.

Пересчитываем состав сухого газа на влажный рабочий газ:

$$\text{CH}_4^{\text{вл}} = \text{CH}_4^c \cdot \frac{(100 - \text{H}_2\text{O})}{100} = 95,9 \cdot \frac{(100 - 1)}{100} = 94,94 \%$$

Другие составляющие остаются без изменений.

Таблица 9 – Состав влажного рабочего газа, %

| $\text{CH}_4^{\text{вл}}$ | $\text{C}_2\text{H}_6^{\text{вл}}$ | $\text{C}_3\text{H}_8^{\text{вл}}$ | $\text{C}_4\text{H}_{10}^{\text{вл}}$ | $\text{C}_5\text{H}_{12}^{\text{вл}}$ | $\text{N}_2^{\text{вл}}$ | $\text{H}_2\text{O}$ | $\Sigma$ |
|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------------|----------|
| 94,9                      | 1,9                                | 0,5                                | 0,3                                   | 0,1                                   | 1,3                      | 1                    | 100      |

Газ сжигается с коэффициентом расхода воздуха  $\alpha=1,05$ . Воздух, идущий для горения, подогревается до 600°C. Для газообразного топлива теплота сгорания определяется как сумма произведений тепловых эффектов составляющих горючих газов на их количество:

$$\begin{aligned} Q_{\text{н}}^{\text{р}} &= 358,3 \cdot \text{CH}_4^{\text{вл}} + 634 \cdot \text{C}_2\text{H}_6^{\text{вл}} + 907,5 \cdot \text{C}_3\text{H}_8^{\text{вл}} + 1179,8 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10}^{\text{вл}} + 452,5 \cdot \text{C}_5\text{H}_{12}^{\text{вл}} = \\ &= 358,3 \cdot 94,9 + 634 \cdot 1,9 + 907,5 \cdot 0,5 + 1179,8 \cdot 0,3 + 452,5 \cdot 0,1 = 36160 \text{ кДж/м}^3 \end{aligned}$$

Определяем расход воздуха на горение. В расчетах принимают следующий состав воздуха:  $\text{N}_2$  – 79,0%,  $\text{O}_2$  – 21,0%.

Находим теоретически необходимый расход воздуха для горения природного газа:

$$L_o = 0,0476(2 \cdot \text{CH}_4^{\text{вл}} + 3,5 \cdot \text{C}_2\text{H}_6^{\text{вл}} + 5 \cdot \text{C}_3\text{H}_8^{\text{вл}} + 6,5 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10}^{\text{вл}} + 8 \cdot \text{C}_5\text{H}_{12}^{\text{вл}}) = \\ = 0,0476(2 \cdot 94,9 + 3,5 \cdot 1,9 + 5 \cdot 0,5 + 6,5 \cdot 0,3 + 8 \cdot 0,1) = 9,6 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Принимаем влагосодержание воздуха  $d = 10$  г/кг сух.воз. и находим теоретически необходимое количество атмосферного воздуха с учетом его влажности:

$$L_o' = (1 + 0,0016 \cdot d) L_o = 1,016 \cdot 9,6 = 9,75 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Действительное количество воздуха при коэффициенте расхода  $\alpha = 1,05$ :

$$L_\alpha = \alpha \cdot L_o = 1,05 \cdot 9,6 = 10,08 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Действительный расход атмосферного воздуха при его влагосодержании  $d$  составит:

$$L_\alpha' = (1 + 0,0016 \cdot d) L_\alpha = 1,016 \cdot 10,08 = 10,24 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Определяем объем продуктов горения:

$$V_{\text{CO}_2\tau} = 0,01(\text{CH}_4 + 2 \cdot \text{C}_2\text{H}_6 + 3 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 + 4 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} + 5 \cdot \text{C}_5\text{H}_{12}) = \\ = 0,01(94,9 + 2 \cdot 1,9 + 3 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1) = 1,019 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}}^T = 0,01(2 \cdot \text{CH}_4 + 3 \cdot \text{C}_2\text{H}_6 + 4 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 + 5 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} + 6 \cdot \text{C}_5\text{H}_{12} + \text{H}_2\text{O} + 0,16 \cdot d \cdot L_\alpha) = \\ = 0,01(2 \cdot 94,9 + 3 \cdot 1,9 + 4 \cdot 0,5 + 5 \cdot 0,3 + 6 \cdot 0,1 + 1 + 0,16 \cdot 10 \cdot 10,08) = 2,157 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

$$V_{\text{O}_2}^T = 0,21(\alpha - 1) L_o = 0,21(1,05 - 1) 9,6 = 0,1 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$V_{\text{N}_2}^T = 0,01 \cdot \text{N}_2 + 0,79 \cdot L_\alpha = 0,01 \cdot 1,3 + 0,79 \cdot 10,08 = 7,976 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Общее количество продуктов горения:

$$V_\alpha^T = 1,019 + 2,157 + 0,1 + 7,976 = 11,252 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Процентный состав продуктов горения:

$$\text{CO}_2 = \frac{V_{\text{CO}_2\tau} \cdot 100}{V_\alpha^T} = \frac{1,019 \cdot 100}{11,25} = 9,06 \%$$

$$\text{H}_2\text{O} = 19,17 \%, \text{O}_2 = 0,89 \%, \text{N}_2 = 70,88 \%$$

Таблица 10 – Материальный баланс горения

| Приход                                     | кг      | Расход                             | кг      |
|--------------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|
| Природный газ                              |         | Продукты горения                   |         |
| CH <sub>4</sub> = 94,9*0,717               | 68.04   | CO <sub>2</sub> = 1,977*100*1,019  | 201,46  |
| C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> = 1,9*1,359  | 2.58    | H <sub>2</sub> O = 0,804*100*2,157 | 173,42  |
| C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> = 0,5*2,02   | 1.01    | N <sub>2</sub> = 1,251*100*7,976   | 997,8   |
| C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> = 0,3*2,84  | 0.852   | O <sub>2</sub> = 1,429*100*0,1     | 14,29   |
| C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> = 0,1*3,218 | 0.322   |                                    |         |
| N <sub>2</sub> = 1,3*1,251                 | 1.626   |                                    |         |
| H <sub>2</sub> O = 1*0,804                 | 0.804   |                                    |         |
| Воздух                                     |         |                                    |         |
| O <sub>2</sub> = 10,08*0,21*1,429*100      | 302,49  |                                    |         |
| N <sub>2</sub> = 10,08*0,79*1,251*100      | 996,2   |                                    |         |
| H <sub>2</sub> O = 0,16*10*10,08*0,804     | 12,97   |                                    |         |
| Всего                                      | 1386,89 | Всего                              | 1386,97 |
|                                            |         | Неувязка                           | 0,08    |
|                                            |         |                                    | 0,006%  |

Определяем теоретическую температуру горения. Для этого находим теплосодержание продуктов горения с учетом подогрева воздуха до 600°C при α=1,05.

По i–t диаграмме находим теплоту нагрева атмосферного воздуха i<sub>воз.</sub>=840 кДж/м<sup>3</sup>

$$i_{\text{общ.}} = \frac{Q_{\text{нр}}}{V_{\text{ат}}} + \frac{L\alpha' \cdot i_{\text{воз}}}{V_{\text{ат}}} = \frac{36160}{11,252} + \frac{10,24 \cdot 840}{11,252} = 3978 \text{ кДж/м}^3$$

По i–t диаграмме находим теоретическую температуру горения при α=1,05 : t<sub>теор.</sub>=2200°C.

Определяем действительную температуру горения при η<sub>п</sub> = 0,8.  
Расчетное теплосодержание составит:

$$i_{\text{общ.}}' = i_{\text{общ.}} \cdot \eta_{\text{п}} = 3978 \cdot 0,8 = 3182 \text{ кДж/м}^3$$

По i–t диаграмме находим действительную температуру горения при α=1,05 : t<sub>д.</sub>=1900°C.

Определим плотность продуктов горения топлива:

$$\rho_0 = \frac{1,019 \cdot 1,977 + 2,157 \cdot 0,804 + 0,1 \cdot 1,429 + 7,976 \cdot 1,251}{11,252} = 1,233 \text{ кг/м}^3$$

## 2.2 Материальный баланс по сырью

Расход топлива определяют по формуле:

$$b = \frac{q}{Q_{нр}} = \frac{6500}{36160} = 0,18 \text{ кг/кг кл}$$

где  $q$  – предварительный расход тепла для данного вида печи (6500 кДж/кг);

$b$  – удельный расход топлива м<sup>3</sup>/кг.

Теоретический расход сухого сырья на 1 кг гипса составит:

$$M_t^c = \frac{100}{100 - \text{П.П.П.}} = \frac{100}{100 - 35,47} = 1,55 \text{ кг/кг кл}$$

Практический расход сухого сырья составит:

$$M_{п}^c = M_t^c \cdot \frac{100}{99,9} = 1,55 \cdot \frac{100}{99,9} = 1,552 \text{ кг/кг кл}$$

Расход влажного сырья составит:

$$M_{п}^w = M_{п}^c \cdot \frac{100}{100 - W} = 10 \cdot \frac{100}{100 - 36} = 2,425 \text{ кг/кг кл}$$

Общее количество уноса материала из печи составит:

$$M_{ун} = n \cdot M_{п}^c = 0,03 \cdot 1,552 = 0,047 \text{ кг/кг кл}$$

где  $n$  – доля уносимого сырья 2-4%.

Количество возвратного уноса составит:

$$M_{ун.в} = \frac{(n - 0,1) M_{пс}}{100} = \frac{(3 - 0,1) 1,552}{100} = 0,045 \text{ кг/кг кл}$$

По данным химического состава шихты находим содержание в ней карбонатов и углекислоты, % :

$$\text{CaCO}_3 = \frac{\text{CaO} \cdot 100}{56 \text{MgCO}_3} = \frac{\text{MgO} \cdot 84,3}{40,3},$$

$$\text{CO}_2 = \frac{(\text{CaO} \cdot 44) / 56 + (\text{MgO} \cdot 44)}{40,3},$$



где цифровые величины соответствуют молекулярным массам химических соединений.

$$\text{CaCO}_3 = \frac{42,35 \cdot 100}{56} = 75,63 \%,$$

$$\text{MgCO}_3 = \frac{1,46 \cdot 84,3}{40,3} = 3,05 \%,$$

$$\text{CO}_2 = \frac{(42,35 \cdot 44)}{56} + \frac{(1,46 \cdot 44)}{40,3} = 34,87 \%$$

Количество гидратной воды в сырьевой смеси:

$$\text{H}_2\text{O} = \text{П.П.П.} - \text{CO}_2 = 35,47 - 34,87 = 0,6 \%$$

Таблица 11 – Материальный баланс по сырью

| Приход                                   | кг    | Расход                                                                                                               | кг    |
|------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Сырьевая смесь $M_{\text{п}}^{\text{w}}$ | 2,425 | Гипсовый камень                                                                                                      | 1     |
| Возврат $M_{\text{ун}}^{\text{в}}$       | 0,045 | Общий унос $M_{\text{ун}}$                                                                                           | 0,047 |
|                                          |       | Выделившиеся из сырья газы:                                                                                          |       |
|                                          |       | - углекислый $M_{\text{CO}_2} = (M_{\text{т}}^{\text{с}} \cdot \text{CO}_2) / 100$                                   |       |
|                                          |       | $M_{\text{CO}_2} = (1,55 \cdot 34,87) / 100$                                                                         | 0,54  |
|                                          |       | - гидратная $\text{H}_2\text{O}$ $M_{\text{H}_2\text{O}} = (M_{\text{т}}^{\text{с}} \cdot \text{H}_2\text{O}) / 100$ |       |
|                                          |       | $M_{\text{H}_2\text{O}} = (1,55 \cdot 0,6) / 100$                                                                    | 0,01  |
|                                          |       | - физическая $\text{H}_2\text{O}$ $M^{\text{w}} = M_{\text{п}}^{\text{w}} - M_{\text{п}}^{\text{с}}$                 |       |
|                                          |       | $M^{\text{w}} = 2,425 - 1,552$                                                                                       | 0,873 |
| Всего                                    | 2,47  | Всего                                                                                                                | 2,47  |

### 2.3 Теоретические затраты тепла на производство ВГВ

Эти затраты складываются из теплоты эндотермических реакций разложения исходных сырьевых материалов при нагревании и экзотермических реакций образования гипсовых минералов при обжиге. Применительно к сырьевой смеси из природных глинистых и карбонатных материалов теоретический эффект образования вяжущих вычисляют по следующим затратам:

1. Расход тепла на дегидратацию гипсового камня:

$$q_1 = M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot 68860,01 \cdot 6886 = 68,86 \text{ кДж/кг кл}$$

где 6886 - тепловой эффект реакции, кДж/кг кл

2. Расход тепла на декарбонизацию:

$$q_2 = M_{\text{CaO}} \cdot 1680 + M_{\text{SO}_3} \cdot 816 = 1,172 \cdot 1680 + 0,047 \cdot 816 = 2007,31 \text{ кДж/кг кл},$$

$$M_{\text{CaO}} = \frac{M_{\text{тс}} \cdot \text{CaO}_3}{100} = \frac{1,55 \cdot 75,63}{100} = 1,172 \text{ кг/кг кл},$$

$$M_{\text{SO}_3} = \frac{M_{\text{тс}} \cdot \text{SO}_3}{100} = \frac{1,55 \cdot 3,05}{100} = 0,047 \text{ кг/кг кл}.$$

где  $q_2$  - Расход тепла на образование жидкой фазы (поскольку в химическом составе сырьевой смеси содержится  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , то жидкая фаза железистая и расход тепла на её образование 200 кДж/кг кл.):

$$q_3 = 200 \text{ кДж/кг кл}$$

3. Приход тепла от образования гипсовых вяжущих:

$$q_4 = \frac{C_3S \cdot 528 + C_2S \cdot 716 + C_3A \cdot 61 + C_4AF \cdot 109}{100} = \frac{55 \cdot 528 + 22 \cdot 716 + 8 \cdot 61 + 12 \cdot 109}{100} = 465,88 \text{ кДж/кг кл}.$$

Теоретическое тепло реакции образование гипсовых вяжущих равно:

$$q_T = q_1 + q_2 + q_3 - q_4 = 68,86 + 2007,31 + 200 - 465,88 = 1810,29 \text{ кДж/кг кл}.$$

## 2.4 Тепловой баланс печи и определение удельного расхода топлива на обжиг гипса

Приход тепла:

1. Химическое тепло от сгорания топлива:

$$q_x = Q_H \cdot b = 36160 \cdot b \text{ кДж/кг}$$

2. Физическое тепло топлива:

$$q_{\phi} = b \cdot i_T = 12 \cdot b \text{ кДж/кг}$$

где  $i_T$  – энтальпия топлива в интервале от  $0^\circ\text{C}$  до  $t_T$  (принимаем  $t_T = 10^\circ\text{C}$ ).

3. Физическое тепло сырья:

$$q_{\phi}^c = M_{\text{п}}^c \cdot i_c + M^w \cdot i_w = 1,552 \cdot 8,8 + 0,873 \cdot 41,9 = 50,24 \text{ кДж/кг}$$

где  $i_c$  – энтальпия сырьевой смеси, кДж/кг

$i_w$  – энтальпия воды, кДж/кг

$M^w$  – влажность сырьевой смеси, кг/кг кл

4. Физическое тепло воздуха:

$$q_{\phi}^B = 6(L_{\text{п}} \cdot i_{\text{п}} + L_{\text{вт}} \cdot i_{\text{вт}}) = 6(10,08 \cdot 671,2) = 6765,7 \cdot 6 \text{ кДж/кг}$$

где  $L_{\text{п}}$  и  $L_{\text{вт}}$  – количество первичного и вторичного воздуха,  $\text{м}^3/\text{кг}$

$i_{\text{п}}$  и  $i_{\text{вт}}$  – энтальпия первичного и вторичного воздуха  $\text{кДж/м}^3$

Всего приход тепла:

$$\begin{aligned} & 6(Q_{\text{н}}^{\text{р}} + i_{\text{т}} + L_{\text{п}} \cdot i_{\text{п}} + L_{\text{вт}} \cdot i_{\text{вт}}) + (M_{\text{п}}^{\text{с}} \cdot i_{\text{с}} + M^w \cdot i_w) = \\ & = 36160 \cdot 6 + 12 \cdot 6 + 50,24 + 6765,7 \cdot 6 = 42925,7 \cdot 6 + 50,24 \end{aligned}$$

Расход тепла:

1.

Теоретическое тепло реакции:

$$q_{\text{т}} = 1810,29 \text{ кДж/кг кл.}$$

2. Тепло испарения физической воды:

$$q_{\text{исп}} = M^w \cdot q_{\text{исп}} = 0,873 \cdot 2491 = 2174,64 \text{ кДж/кг кл}$$

где  $q_{\text{исп}}$  – тепло на испарение 1 кг физической воды, равное 2491 кДж/кг кл.

3. Тепло, теряемое с гипсом, покидающим печь:

$$q_{\text{к}} = 1 \cdot i_{\text{к}} = 1 \cdot 1114, = 1114,3 \text{ кДж/кг кл}$$

где  $i_{\text{к}}$  – энтальпия гипса при температуре выхода его из печи, кДж/кг кл.

4. Тепло с отходящими газами:

$$\begin{aligned} q_{\text{отх}}^{\text{г}} &= V_{\text{CO}_2} \cdot i_{\text{CO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} \cdot i_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2} \cdot i_{\text{N}_2} + V_{\text{O}_2} \cdot i_{\text{O}_2} = \\ &= (1,019 \cdot 6 + 0,27) \cdot 357,6 + (2,157 \cdot 6 + 1,1) \cdot 304,4 + 7,976 \cdot 6 \cdot 260 + 0,1 \cdot 6 \cdot 267,1 = \\ &= 3094,76 \cdot 6 + 458,1 \text{ кДж/кг кл,} \end{aligned}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{V_{\text{CO}_2 \text{т}} \cdot 6 + M_{\text{CO}_2}}{\rho_{\text{CO}_2}} = \frac{1,019 \cdot 6 + 0,54}{1,977} = 1,019 \cdot 6 + 0,27 \text{ м}^3/\text{кг кл,}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{V_{\text{H}_2\text{O} \text{т}} \cdot 6 + (M_{\text{H}_2\text{O}} + M^w)}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{2,157 \cdot 6 + (0,01 + 0,873)}{0,804} = 2,156 \cdot 6 + 1,1 \text{ м}^3/\text{кг кл,}$$

$$V_{\text{N}_2} = V_{\text{N}_2}^{\text{т}} \cdot 6 = 7,976 \cdot 6 \text{ м}^3/\text{кг кл,}$$

$$V_{\text{O}_2} = V_{\text{O}_2}^{\text{т}} \cdot 6 = 0,1 \cdot 6 \text{ м}^3/\text{кг кл.}$$

5. Тепло, теряемое с безвозвратным уносом:

$$q_{\text{ун}} = M_{\text{ун}} \cdot i_{\text{ун}} = 0,047 \cdot 185,9 = 8,74 \text{ кДж/кг кл.}$$

где  $i_{\text{ун}}$  – энтальпия сырьевой смеси, уносимой из печи, кДж/кг кл.

6. Потери в окружающую среду через футеровку печи:

$$q_{\text{п}} = k' \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \delta = 0,13 \cdot 36160 \cdot \delta = 4700,8 \cdot \delta \text{ кДж/кг кл.}$$

где  $k'$  – принимаем для длинных печей без холодильника 0,13.

7. Потери тепла от механического и химического недожога топлива:

$$q_{\text{н}} = k'' \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \delta = 0,005 \cdot 36160 \cdot \delta = 180,8 \cdot \delta \text{ кДж/кг кл.}$$

где  $k''$  – принимаем для газообразного топлива 0,005.

Всего расход тепла:

$$1810,29 + 2174,64 + 1114,3 + 3094,76 \cdot \delta + 458,1 + 8,74 + 4700,8 \cdot \delta + 180,8 \cdot \delta = \\ = 5566,07 + 7976,36 \cdot \delta$$

Приравнявая приход расходу, определяем удельный расход топлива:

$$42925,7 \cdot \delta + 50,24 = 7976,36 \cdot \delta + 5566,07,$$

$$\delta = \frac{5515,83}{34949,34} = 0,158 \text{ м}^3/\text{кг кл.}$$

Удельный расход тепла на обжиг гипса:

$$q_{\text{x}} = Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot \delta = 36160 \cdot 0,158 = 5713,28 \text{ кДж/кг кл.}$$

Подставляя значение  $\delta = 0,158 \text{ м}^3/\text{кг кл.}$  в соответствующие уравнения статей баланса, вычисляем их величины и сводим в таблицу.

Таблица 12 – Тепловой баланс установки на 1 кг гипса

| Статьи баланса                                            | кДж/кг кл. | %     |
|-----------------------------------------------------------|------------|-------|
| Приход тепла:                                             |            |       |
| Химическое тепло от сгорания топлива ( $q_{\text{x}}$ )   | 5713,28    | 83,60 |
| 2. Физическое тепло топлива ( $q_{\text{ф}}$ )            | 1,896      | 0,03  |
| 3. Физическое тепло сырья ( $q_{\text{ф}}^{\text{с}}$ )   | 50,24      | 0,74  |
| 4. Физическое тепло воздуха ( $q_{\text{ф}}^{\text{в}}$ ) | 1069       | 15,64 |
| Всего                                                     | 6834,41    | 100   |

Расход тепла:

1. Теоретическое тепло реакции на обжиг гипса ( $q_T$ )
2. Тепло испарения физической воды ( $q_{исп}$ )
3. Тепло, теряемое с гипсом, покидающим печь ( $q_K$ )
4. Тепло с отходящими газами ( $q_{отх}^r$ )

*Продолжение таблицы 12*

| Статьи баланса                                                            | кДж/кг<br>кл. | %     |
|---------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|
| 5. Тепло, теряемое с безвозвратным уносом ( $q_{ун}$ )                    | 8,74          | 0,13  |
| 6. Потери в окружающую среду через футеровку печи ( $q_{п}$ )             | 742,7         | 10,87 |
| 7. Потери тепла от механического и химического недожога топлива ( $q_n$ ) | 28,57         | 0,42  |
| Всего                                                                     | 6826,31       | 99,88 |
| Неувязка                                                                  | 8,106         | 0,12  |

Технологический КПД печи:

$$\eta_{\text{тех}} = \frac{q_T}{q_x} \cdot 100\% = \frac{1810,29}{5713,28} \cdot 100\% = 31,7\%$$

Тепловой КПД печи:

$$\eta_{\text{теп}} = \frac{q_T + q_{исп}}{q_x} \cdot 100\% = \frac{1810,29 + 2174,64}{5713,28} \cdot 100\% = 69,8\%$$

## 2.5 Материальный баланс установки

Материальный баланс установки составляют на 1 кг гипса, данные из материальных балансов топлива и сырья.

Таблица 13 – Материальный баланс установки

| Статьи баланса                                  | кг    | %     |
|-------------------------------------------------|-------|-------|
| <b>Приход материалов:</b>                       |       |       |
| 1. Сырьевая смесь - $M_{п}^w$                   | 2,425 | 52,23 |
| 2. Топливо - б                                  | 0,158 | 3,40  |
| 3. Воздух - $б \cdot L_{\alpha} \cdot \rho_v$   | 2,06  | 44,37 |
| Всего                                           | 4,643 | 100   |
| <b>Расход материалов:</b>                       |       |       |
| 1. Гипсовый камень - $M_K$                      | 1     | 21,54 |
| 2. Безвозвратный унос сырья - $M_{п}^c - M_T^c$ | 0,002 | 0,04  |
| 3. Углекислота сырья - $M_{CO_2}$               | 0,54  | 11,63 |
| 4. Влага сырья - $M_{H_2O} + M^w$               | 0,883 | 19,02 |

|                                                                                  |       |       |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
| 5. Отходящие газы от сгорания топлива - $\delta \cdot V_{\alpha}^T \cdot \rho_0$ | 2,192 | 47,21 |
| Всего                                                                            | 4,617 | 99,44 |
| Неувязка                                                                         | 0,026 | 0,56  |

## 2.6 Расчет расходов тепла на непроизводственные нужды

К расходам на непроизводственные нужды относятся расходы тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение на заводе.

1) Определяется максимальный часовой расход тепла на отопление и вентиляцию здания по формуле:

$$Q_m = [a \cdot q_0 (t_{вн} - t_n^0) + q_v (t_{вн} - t_n^в)] \cdot V = \\ = [0,95 \cdot 0,36 \cdot (23 - (-25)) + 0,1 \cdot (23 - (-10))] \cdot 32659,2 = [0,342 \cdot 48 + 3,3] \cdot 32659,2 = \\ = 643909 \text{ кДж/ч},$$

где  $a$  – коэффициент, учитывающий изменение удельной тепловой характеристики в зависимости от климатических условий, принимаемый равным 0,95 для условий г.Тараз;

$q_0$  – тепловая характеристика здания для отопления, равная 0,36;

$t_{вн}$  – расчетная температура внутри здания, равная (18°C);

$t_n^0$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, равная (-25);

$q_v$  – тепловая характеристика здания для вентиляции, равная 0,1;

$t_n^в$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции, равная (-10);

$V$  – объем здания, равный  $(126 \times 24 \times 10,8) = 32659,2 \text{ м}^3$ .

2) Определяется продолжительность отопительного сезона (с 15 октября по 15 апреля):

$$T = 6 \cdot 30 \cdot 24 = 4320 \text{ ч}$$

3) Определяется расход тепла на отопление и вентиляцию здания за отопительный сезон по формуле:

$$Q_c = Q_m \cdot T = 643909 \cdot 4320 = 2782 \cdot 10^6 \text{ кДж/сезон}$$

4) Проектируемый завод получает тепло в виде пара с городской ТЭЦ. Исходя из этого, определяется часовой расход пара на отопление и вентиляцию:

$$P_{пч} = \frac{Q_m}{(i_n - 4,2 \cdot i_k) \cdot \eta} = \frac{643909}{(2574 - 4,2 \cdot 20) \cdot 0,8} = 323,25 \text{ кг/ч}$$

где  $Q_m$  – тоже, что и в формуле (2.36);

$i_n$  – энтальпия пара, поступающая в подогреватель, равная 2574;

$i_k$  – энтальпия конденсата, равная 20;

$\eta$  – коэффициент полезного действия, равный 0,8.

5) Определяется расход пара на весь отопительный сезон:

$$P_{\text{пс}} = \frac{Q_c}{(i_n - 4,2 \cdot i_k) \cdot \eta} = \frac{2782000000}{(2574 - 4,2 \cdot 20) \cdot 0,8} = 1396586 \text{ кг/сезон}$$

6) Определяется расход тепла на горячее водоснабжение всех рабочих и служащих завода, работающих в 2-х сменах в сутки:

$$Q_{\text{гв}} = K \cdot m \cdot n \cdot c \cdot (t_g - t_{\text{х.ср}}) = 0,75 \cdot 45 \cdot 44 \cdot 1 \cdot (65 - 10) = 81675 \text{ кДж/сут}$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий количество людей пользующихся душем одновременно, принимается равным 0,75;

$m$  – норма потребления горячей воды на одного человека, принимаемая равным 40-50 кг согласно санитарным нормам;

$n$  – количество людей, работающих на заводе в течение суток во всех сменах, принимаемое равным 44;

$c$  – теплоемкость воды;

$t_g$  – температура горячей воды, равная 65<sup>0</sup>С;

$t_{\text{х.ср}}$  – средняя температура холодной воды, равная 10<sup>0</sup>С.

7) Определяется суточный расход пара на горячее водоснабжение по формуле:

$$P_{\text{гвч}} = \frac{Q_{\text{гв}}}{(i_n - 4,2 \cdot i_k) \cdot \eta} = \frac{81675}{(2574 - 4,2 \cdot 20) \cdot 0,8} = 40,32 \text{ кг/сут}$$

8) Определяется годовой расход пара на горячее водоснабжение в виде:

$$P_{\text{гвг}} = 40,32 \cdot 350 = 14112 \text{ кг/год}$$

Таблица 14 – Расходы тепла и пара на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение производственного здания

| Продолж<br>и-<br>тельность<br>отопител<br>ь-ного<br>сезона,<br>час | Расход тепла на<br>отопление и<br>вентиляцию |                         | Расход пара на<br>отопление и<br>вентиляцию |                    | Суточные<br>расход<br>тепла на<br>горячее<br>водосна<br>бжение | Расход пара на<br>горячее<br>водоснабжение |                |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------|
|                                                                    | час,<br>кДж/ч                                | сезон,<br>кДж/сез<br>он | час,<br>кг/ч                                | сезон,<br>кг/сезон |                                                                | сутки,<br>кг/сут                           | год,<br>кг/год |
| 4320                                                               | 64390                                        | 2782·10 <sup>6</sup>    | 323,25                                      | 1396586            | 81675                                                          | 40,32                                      | 14112          |

|  |   |  |  |  |  |  |  |
|--|---|--|--|--|--|--|--|
|  | 9 |  |  |  |  |  |  |
|--|---|--|--|--|--|--|--|



### 3 Архитектурно-строительная часть

Местоположением для строительства завода по производству тампонажного портландцемента был выбран поселок Шетпе, в Мангистауской области в 60 км от города Актау. Завод будет проектирован как самостоятельное предприятие с основными и вспомогательными сооружениями.

В Мангистауской области климат резко континентальный, засушливый, с большими колебаниями сезонных и суточных температур воздуха, малым количеством осадков, около 1200 мм в год. Весна и осень выражены слабо. Солнечных дней много, количество солнечного тепла, получаемого летом землёй, почти столь же велико, как в тропиках. Осадки незначительны. Годовые осадки уменьшаются с севера на юг, максимум их приходится на июнь, минимум — на февраль. Снеговой покров очень мал, в среднем 3-7 см. Ветры в Мангистауской области довольно сильные.

На основе данных СНИП 2.01.01 «Строительная климатология» производим расчет и построение розы ветров июля и января месяцев.

Повторяемость направления ветра в городе Актау указана в таблице:

Таблица 21 – Повторяемость направление ветра г. Актау

| Направление ветра | С    | СВ   | ЮВ   | В   | Ю   | ЮЗ   | З    | СЗ   |
|-------------------|------|------|------|-----|-----|------|------|------|
| Январь            | 15,5 | 19   | 46   | 4,9 | 0,4 | 3,1  | 2,7  | 5,4  |
| Июль              | 18,2 | 13,1 | 10,6 | 5,1 | 8,1 | 11,9 | 14,8 | 18,2 |

#### 3.1 Планировочные решения генплана

Планировочные решения приняты в соответствии с розой ветров. Участок для строительства завода принят условно с ровным рельефом и нормальными гидрогеологическими условиями.

По санитарным нормам данное предприятие относится к 1 классу. Соответствующая этому классу санитарно-защитная зона равна 500 м.

На территории завода расположены: бункер приема, цех обжига, цех подготовки, цех дробления, склад сырья, склад доменного шлака, склад готовой продукции, административный корпус, лаборатория, дом отдыха персонала, автостоянка на 10 машин.

Административный корпус и дом отдыха персонала расположены с наветренной стороны территории.

Вне производственного корпуса расположен бункер приема. Из бункера приема в производственный корпус переход осуществляется надземно.

Для озеленения площадки предприятия применены местные виды древесно-кустарниковых растений с учетом их санитарно-защитных и

декоративных свойств. Основным элементом озеленения площадки являются газоны. Территория предприятия ограждена железобетонным забором.

Инженерное обеспечение завода (водоснабжение и канализация, электроснабжение, теплоснабжение) предусматривается подключением к действующим сетям населенного пункта.

Геологическое строение грунтов для строительства благоприятное.

Санитарная зона соответствует 500 метрам.

Для создания оптимальных условий труда и отдыха трудящихся во время обеденного перерыва на площадке предусмотрено озеленение.

Бытовое обслуживание работающих предусматривается в проектируемом бытовом корпусе.

### 3.2 Объёмно-планировочные решения

Объёмно-планировочное решение промышленного здания определяется требованиями размещаемого в нем производственного процесса.

В проекте завода, в соответствии с объёмно-планировочными решениями, компактно размещены следующие здания и сооружения:

- ж/д эстакада;
- главный производственный корпус;
- административно-бытовой корпус;
- компрессорная;
- гараж;
- КПП
- склады

Производственный корпус выполнен из сборных железобетонных конструкций. Каркас состоит из железобетонных ступенчатых колонн с консолями, для опирания подкрановых балок, с сечением 400х400 мм и с шагом в 6,0 м. Колонны размещены на ленточный железобетонный фундамент стаканного типа. Используется кровля рулонного типа, устанавливаемая на ребристые плиты покрытия. Конструкция крыши опирается на ж/б фермы.

Расчетная глубина заложения промерзания грунта определяем по формуле:

$$d_1 = d_0 \sqrt{M} = 0,34 \sqrt{1,2} = 0,37$$

$$d = K * d_1 = 0,9 * 0,37 = 0,33$$

Ворота приняты размером 3,6х4,8м, освещение осуществляется за счет ленточных оконных проемов размером 5х1,8м.

*Административно - бытовой корпус*

Здание одноэтажное условно принятое в плане 12х24м и с высотой 6,6 м. Стены выполнены из лицевого кирпича (толщина стены в 2,5 кирпича).

Фундаменты - монолитные, бетонные. Кровля осуществляется по деревянным конструкциям. В качестве кровельного материала использована металлочерепица.

*Склад готовой продукции*

Для хранения тарноштучных грузов представляет собой

*Материальный склад*

Запроектирован в виде отдельно-стоящего здания. Отдельно-стоящий склад имеет пандус для удобства выполнения разгрузочно-погрузочных работ.

*Специальные мероприятия*

В соответствии с нормами строительного проектирования предусмотрены следующие общестроительные мероприятия:

- предусмотрены противопожарные мероприятия, заключающиеся в устройстве эвакуационных выходов, проходов соответствующей ширины, подъездов ко всем зданиям.
- в целях улучшения освещения и условий труда, предусматривается цветовая отделка внутренних производственных помещений с учетом физиологического воздействия на организм человека.

## 4 Экономический раздел

### 4.1 Статьи затрат по выпуску продукции

Строительство завода по выпуску тампонажного портландцемента производительностью 40 т/сутки

Раздел статей затрат содержит в себе всю информацию по затратам расходуемым на производство вяжущих низкой водопотребности.

Стоимость продукции завода определяется из следующих видов затрат:

- затраты на сырье;
- затраты на электроэнергию;
- затраты на условное топливо;
- затраты на заработную плату сотрудников.

*Затраты на сырье*

ТПЦ состоит из следующих видов сырья:

- глина;
- известняк;
- гипс;
- гранулированный доменный шлак.

*Глина и известняк*

Так как проектируемый завод располагается в Мангистауской области, глина и известняк будут свозиться с месторождения Саура II в 78 км от города. Рыночная цена за тонну известняка с месторождения Саура II составляет 3088,5 тенге, а глины 1560 тенге.

*Гипс*

Гипс необходимый для производства ТПЦ будет свозиться с Чернореченска в городе Атырау стоимость за тонну 4375 тенге.

*Доменный шлак*

Шлак, необходимый для производства будут свозиться с места образования – Карагандинского металлургического комбината.

Средняя стоимость за тонну составляет 1760 тенге.

*Затраты на электроэнергию*

Все технологическое оборудование на проектируемом заводе работает за счет электроэнергии. Суммарная мощность всего технологического оборудования составляет 430 кВт·ч. Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии в городе Актау для промышленных объектов с периода 03.2018г составляет 23,22 тг.

*Затраты на условное топливо*

Помимо электроэнергии, на заводе имеются установки работающие за счет сжигаемого топлива. К ним относятся вращающаяся печь с циклонным теплообменником, печные установки котельного цеха. Суммарный расход условного топлива в час всех теплотехнических агрегатов составляет 540 кг. Стоимость условного топлива на 1 м<sup>3</sup> составляет 30,78 тенге.

*Затраты на заработную плату сотрудников*

Завод по производительности относится к предприятиям средней мощности. В связи с этим штатная численность персонала принята с максимально возможным совмещением профессий.

Для определения суммарных затрат на заработную плату сотрудников, необходимо определить количество сотрудников и их заработную плату соответственно.

Всего по заводу работают 42 человек, из них в АУП 12 человек, цеховой персонал 30 рабочих. Более подробно указано в разделе технико-экономической части.

Предусмотрены административно-управленческий персонал, отдел снабжения и сбыта, планово-финансовый отдел, бухгалтерия, подготовительное отделение, отдел материально-технического обеспечения и продаж, отдел технического контроля, заводская лаборатория, производственный персонал.

## 4.2 Себестоимость выпускаемой продукции

Себестоимость продукции складывается из всех вышеперечисленных затрат на единицу продукции.

Таблица 22 – Стоимость одной тонны ТПЦ

| Вид затрат                           | Затраты на 1 тонну ТПЦ, тенге |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Затраты на сырье</b>              |                               |
| Известь                              | 3088,5                        |
| Глина                                | 1560                          |
| Гипс                                 | 4375                          |
| Доменный шлак                        | 1760                          |
| <i>Итого по сырью</i>                | <b>10 783</b>                 |
| <b>Затраты на электроэнергию</b>     |                               |
| Молотковая дробилка                  | 38,3                          |
| Питатель                             | 1132                          |
| Вращающаяся печь                     | 383,13                        |
| Мельница                             | 1938,8                        |
| Условное топливо                     | 3695,8                        |
| <i>Итого по энергозатратам</i>       | <b>7188,03</b>                |
| <b>Затраты на заработную плату</b>   |                               |
| Зарплата управленческого персонала   | 1350                          |
| Зарплата цехового персонал           | 2320                          |
| Зарплата вспомогательного персонала  | 530                           |
| <i>Итого по затратам на зарплату</i> | <b>4200</b>                   |

|                           |                |
|---------------------------|----------------|
| <i>Итого затрат</i>       | <b>22171</b>   |
| Непредвиденные расходы 6% | 1330           |
| <b>Всего затрат</b>       | <b>23501,3</b> |

#### 4.3 Расчет инвестиционных издержек

Данный раздел инвестиционных издержек состоит из всех видов расходов, которые необходимо совершить на постройку зданий и сооружений, на

Таблица 23 – Сметная стоимость основных объектов строительства

| Наименование                           | Площадь, м <sup>2</sup> | Сметная стоимость, тыс.тенге |
|----------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| <i>Производственные корпуса</i>        |                         |                              |
| Ж/д эстакада                           | 720                     | 11 337,9                     |
| Склад извести                          | 648                     | 25 833,97                    |
| Склад глины                            | 36                      | 1 379,8                      |
| Склад клинкера                         | 288                     | 13 454,8                     |
| Главный производственный корпус        | 1728                    | 10 850,86                    |
| Силос гипса                            | 27                      | 4 126,7                      |
| Силос ТПЦ                              | 54                      | 5 898,54                     |
| АБК                                    | 200                     | 2 825,9                      |
| Топливный склад                        | 216                     | 9 995,7                      |
| Гараж                                  | 216                     | 5 632,6                      |
| КПП                                    | 24                      | 353,7                        |
| <i>Всего расходов на строительство</i> |                         | 106 115                      |

Таблица 24 – Сметный расчет земляных работ и благоустройства

| Наименование                                 | Ед. изм.       | Кол-во | Цена за ед., тыс. тг | Сумма, тыс.тг |
|----------------------------------------------|----------------|--------|----------------------|---------------|
| Подготовка территории                        | га             | 0,97   | 798,5                | 774,537       |
| Прокладка кабельных линий                    | м/п            | 227,5  | 2,8                  | 635,8         |
| Прокладка труб водопровода и канализации     | м/п            | 628,8  | 2,545                | 1 600,18      |
| Устройство круглых сборных ж/б колодцев      | шт             | 16     | 226,073              | 3617,17       |
| Организация работ по строительству автодорог | м <sup>2</sup> | 988,2  | 4,775                | 4 718,3       |
| Благоустройство и озеленение                 | м <sup>2</sup> | 2424,3 | 1,44                 | 3 483,8       |
| <i>Всего по земляным работам</i>             |                |        |                      | 18 572,25     |

Таблица 25 – Расчет стоимости оборудования

| Наименование<br>оборудования, марка    | Ед.<br>изм. | Количество | Цена за<br>единицу, тыс.<br>тенге | Сумма,<br>тыс.<br>тенге |
|----------------------------------------|-------------|------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Щековая дробилка -<br>600*110          | шт          | 1          | 3450                              | 3450                    |
| Молотковая дробилка -<br>СМ19А         | шт          | 1          | 280                               | 280                     |
| <b>Ленточный конвейер</b><br>- СМ-1096 | шт          | 1          | 1400                              | 1400                    |
| Вращающаяся печь                       | шт          | 1          | 48800                             | 48800                   |
| Бункер                                 | шт          | 8          | 305                               | 2440                    |
| Тарельчатый питатель                   | шт          | 1          | 862                               | 862                     |
| <b>Мельница</b> - СМД-15               | шт          | 1          | 3450                              | 3450                    |
| Упаковочная машина                     | шт          | 1          | 450                               | 450                     |
| Автопогрузчик TALID                    | шт          | 1          | 4700                              | 4700                    |
|                                        | Итого:      |            |                                   | 71712                   |

Инвестиционные издержки составляются по вышеперечисленным расчетам и сводится в следующую таблицу.

Таблица 26 – Состав инвестиционных издержек

| Статьи затрат                                        | Сумма, млн. тг |
|------------------------------------------------------|----------------|
| Сметная стоимость основных объектов<br>строительства | 106,115        |
| Сметный расчет земляных работ и<br>благоустройства   | 18,6           |
| Расчет стоимости оборудования                        | 81,72          |
| <i>Итого</i>                                         | 206,435        |

#### *Амортизация основных средств*

С учетом назначения и характеристики зданий и сооружений, а также отраслевой принадлежности используемого оборудования приняты следующие средневзвешенные значения нормативов амортизационных отчислений на полное восстановление в целом по предприятию:

- на здания и сооружения – 2,5%
- на оборудование с монтажом – 10%

Таблица 27 – Амортизационные отчисления

| Наименовани<br>я | Первоначальная<br>балансовая стоимость, | Норма амортизации,<br>% | Амортизаци<br>я, |
|------------------|-----------------------------------------|-------------------------|------------------|
|------------------|-----------------------------------------|-------------------------|------------------|

|                     |            |       |           |
|---------------------|------------|-------|-----------|
|                     | млн. тенге |       | млн тенге |
| Здания и сооружения | 106,115    | 2,5%  | 2,65      |
| Оборудование        | 81,72      | 10,0% | 8,172     |
| Итого               | 187,835    |       | 10,822    |

Расчет прибыли от реализации годовой продукции завода

Таблица 28 – Расчет прибыли от реализации

| Наименование показателя           | Ед.изм. | Кол-во |
|-----------------------------------|---------|--------|
| Годовая производительность завода | т       | 14 600 |
| Цена с учетом НДС, 12%            | тг/т    | 30000  |
| Общий доход                       | тыс.тг  | 438000 |
| В том числе НДС                   | тыс.тг  | 52560  |

Таблица 29 – Чистая прибыль завода

| Наименование показателя                                                                          | Сумма, тыс.тг |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Объём прибыли до вычета расходов по выплате процентов, налогов, износа и начисленной амортизации | 438000        |
| Без учета НДС                                                                                    | 385440        |
| Без учета себестоимости                                                                          | 94886         |
| Без учета налога на прибыль                                                                      | 75908         |
| С учетом амортизационных отчислений                                                              | 86730         |

Окупаемость проектируемого завода по производству ТПЦ рассчитывается следующим образом:

$$P_I = \frac{\text{Инвестиционные издержки}}{\text{Чистая прибыль}} \quad (5)$$

$$P_I = \frac{206435000}{86730000} = 2,4$$

Окупаемость проекта составила 2 года, 5 месяца.

#### 4.4 Техничко-экономические показатели проекта

Рассчитываются следующие технико-экономические показатели.



Рентабельность производственных фондов  $R_{\text{ПФ}}$  определяется по следующей формуле:

$$R_{\text{ПФ}} = \frac{\text{ЧП}}{\text{ОПФ}_{\text{СР}}} \cdot 100\% \quad (6)$$

где  $R_{\text{ПФ}}$  – рентабельность производственных фондов;

ЧП – чистая прибыль;

$\text{ОПФ}_{\text{СР}}$  – средняя стоимость основных производственных фондов за период.

$O_c$  - нормируемые оборотные средства (принимается в размере 10% от ВР).

Стоимость основных производственных фондов определяется исключением из суммы общих капитальных вложений, затрат на подготовку территории строительства, благоустройства территории предприятия, временные разбираемые здания и сооружения, содержание дирекции строящегося предприятия, подготовку эксплуатационных кадров, проектные и изыскательские работы.

$$R_{\text{ПФ}} = \frac{86730}{260145} \cdot 100\% = 33,33\%$$

Рентабельность активов  $R_A$  определяется по следующей формуле:

$$R_{\text{ПФ}} = \frac{\text{ЧП}}{A_{\text{СР}}} \cdot 100\% \quad (7)$$

где  $R_A$  - рентабельность активов; ЧП - чистая прибыль;  $A_{\text{СР}}$  - средняя величина активов

$$R_{\text{ПФ}} = \frac{86730}{355125} \cdot 100\% = 24,42\%$$

Рентабельность реализованной продукции  $R_{\text{РП}}$  определяется по следующей формуле:

$$R_{\text{ПФ}} = \frac{\text{ЧП}}{C} \cdot 100\% \quad (8)$$

где  $R_{\text{РП}}$  – рентабельность реализованной продукции, %;

ЧП – прибыль, млн. тенге;

$C$  – себестоимость реализованной продукции, млн. тенге.

$$R_{\text{ПФ}} = \frac{86,73}{343,119} \cdot 100\% = 25,3\%$$

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данном дипломном проекте на тему «Завод по производству тампонажного портландцемента производительностью 40 т/сутки в городе Актау» произведен краткий обзор состояния и перспективы развития производства.

Дипломный проект состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка включает в себя 45 страниц, 35 таблиц и 15 источников информации. Графическая часть представлена в 6 листах формата А3, на котором изображены:

- генеральный план предприятия;
- технологическая схема производства;
- технологическая карта;
- разрезы цеха (продольный и поперечный);
- ТЭП предприятия.

Пояснительная записка содержит следующие разделы: введение, технологическую часть, теплотехническую часть, архитектурно-строительную часть, экономическую часть, заключение, список использованных источников информации и приложение.

В технологической части представлена номенклатура выпускаемой продукции, подобраны исходные сырьевые материалы, выбрано основное и вспомогательное оборудование. Дано обоснование способа производства шлакопортландцемента. Рассчитаны режим работы проектируемого предприятия и производственная программа. В разделе контроля технологического процесса и качества готовой продукции представлен контроль качества исходного сырья, операционного процесса и готовой продукции в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Строительные материалы и изделия. Издание 3-е переработанное и дополненное. М., «Высшая школа», 2012 г., 536 с.;
- 2 Журавлев М.И., Фоломеев А.А. Механическое оборудование предприятий вяжущих материалов и изделий на базе их: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, Москва, 2010. – 232 с.;
- 3 Строительные машины. Т.2/Под ред. М.Н. Горбовца. – М.: Машиностроение, 2003. – 496 с.
- 4 Левченко П.В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности. – М.: Высшая школа, 2007. – 368 с
- 5 И.А Рыбьев «Строительное материаловедение» «Высшая школа» 2002
- 6 Л.М. Сулименко «Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе» «Высшая школа» 2000
- 7 Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат, 1979. – 358 с.
- 8 ГОСТ 1581-96. Тампонажные цементы. Технические условия
- 9 ГОСТ 3 57957-2017 «Вяжущие и штукатурка гипсовые»
- 10 ВНТП 06-91 Концерн «Цемент»
- 11 ГОСТ 30744-2001 «Цемент. Методы испытаний с использованием полифракционного песка»
- 12 СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий»
- 13 СНиП 2 01.01 «Строительная климатология»

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИИ

|      |                                            |
|------|--------------------------------------------|
| ШПЦТ | Шлакопортландцемент тампонажный            |
| СПЦТ | Сульфатостойкий портландцемент тампонажный |
| ПЦ   | Портландцемент                             |

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А – Контроль качества

| Вид контроля исходного сырья в технологических процессах и готовой продукции | Наименование исходного сырья технологического процесса, готовой строительной продукции или полуфабриката | Контролируемый параметр и его нормативно-технический показатель                                                                                                                            | Место контроля технологической операции | Периодичность контроля по технологическому регламенту или нормативу | Метод контроля, нормативный документ                                                          | Измерительная техника и допустимая погрешность измерения по технологическому регламенту, нормативам, технологическому паспорту |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Входной                                                                      | Известняк                                                                                                | Химический состав, %:<br>( $\text{SiO}_2$ – 0,42,<br>$\text{Al}_2\text{O}_3$ – 0,25,<br>$\text{Fe}_2\text{O}_3$ – 0,17,<br>$\text{CaO}$ – 55,32,<br>$\text{MgO}$ – 0,5,<br>п.п.п. – 43,34) | Склад сырьевых компонентов              | От каждой партии                                                    | Метод химического анализа<br>ГОСТ 5382-91                                                     | Фотоэлектротитрометр $\pm 0,5\%$                                                                                               |
|                                                                              |                                                                                                          | Удельная эффективная активность естественных радионуклидов<br>(до 370 Бк/кг)                                                                                                               | Склад сырьевых компонентов              | От каждой партии                                                    | Метод определения удельной эффективной активности естественных радионуклидов<br>ГОСТ 30108-94 | Радиометр $\pm 30\%$                                                                                                           |
|                                                                              | Глина                                                                                                    | Химический состав, %:<br>( $\text{SiO}_2$ – 56,3,<br>$\text{Al}_2\text{O}_3$ – 19,3,                                                                                                       | Склад сырьевых компонентов              | От каждой партии                                                    | Метод химического анализа<br>ГОСТ                                                             | Фотоэлектротитрометр $\pm 0,5\%$                                                                                               |

|  |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                      |                     |                                                                                                                                    |                                         |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|  |                                      | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 6,4,<br>CaO - 1,2,<br>MgO - 3,4,<br>SO <sub>3</sub> – 0,9,<br>п.п.п. – 12,5)                                                                                                                                                                                     |                                      |                     | 5382-91                                                                                                                            |                                         |
|  |                                      | Удельная<br>эффективная<br>активность<br>естественных<br>радионуклидо<br>в<br>(до 370 Бк/кг)                                                                                                                                                                                                      | Склад<br>сырьевых<br>компонент<br>ов | От каждой<br>партии | Метод<br>определен<br>ия<br>удельной<br>эффективн<br>ой<br>активности<br>естественн<br>ых<br>радионукл<br>идов<br>ГОСТ<br>30108-94 | Радиоме<br>тр ±30 %                     |
|  | Гипсовый<br>камень                   | Химический<br>состав,%:<br>(SiO <sub>2</sub> - 31,76,<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0,84,<br>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 0,30,<br>CaO - 31,76,<br>MgO - 0,47,<br>SO <sub>3</sub> - 41,39,<br>H <sub>2</sub> O <sub>кр.</sub> - 18,75,<br>CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O –<br>89) | Склад<br>сырьевых<br>компонент<br>ов | От каждой<br>партии | Метод<br>химическо<br>го анализа<br>ГОСТ<br>5382-91                                                                                | Фотоэлек<br>тротитро-<br>метр ±<br>0,5% |
|  |                                      | Удельная<br>эффективная<br>активность<br>естественных<br>радионуклидо<br>в<br>(до 370 Бк/кг)                                                                                                                                                                                                      | Склад<br>сырьевых<br>компонент<br>ов | От каждой<br>партии | Метод<br>определен<br>ия<br>удельной<br>эффективн<br>ой<br>активности<br>естественн<br>ых<br>радионукл<br>идов<br>ГОСТ<br>30108-94 | Радиоме<br>тр ±30 %                     |
|  | Доменный<br>гранулирован<br>ный шлак | Химический<br>состав,%:<br>(SiO <sub>2</sub> – 10,2,<br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 5,83,<br>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 11,57,<br>CaO – 38,6,<br>MgO – 9,67,<br>SO <sub>3</sub> – 4,4,<br>MnO.- 0,47,                                                                                  | Склад<br>сырьевых<br>компонент<br>ов | От каждой<br>партии | Метод<br>химическо<br>го анализа<br>ГОСТ<br>5382-91                                                                                | Фотоэлек<br>тротитро-<br>метр ±<br>0,5% |

|                         |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                      |                     |                                                                                                                                    |                         |
|-------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|                         |             | п.п.п.– 12,5)<br>Удельная<br>эффективная<br>активность<br>естественных<br>радионуклидо<br>в<br>(до 370 Бк/кг)                                                                                                                                                                                                            | Склад<br>сырьевых<br>компонент<br>ов | От каждой<br>партии | Метод<br>определен<br>ия<br>удельной<br>эффективн<br>ой<br>активности<br>естественн<br>ых<br>радионукл<br>идов<br>ГОСТ<br>30108-94 | Радиоме<br>тр ±30 %     |
| Поопера<br>-<br>ционный | Дозирование | Масса<br>отдозированно<br>го материала                                                                                                                                                                                                                                                                                   | После<br>дозатора                    | Один раз в<br>смену | Метод<br>взвешиван<br>ия<br>ГОСТ<br>10223-97*                                                                                      | Весы ±1г                |
|                         | Дробление   | Степень<br>измельчения<br>(от 10 до 12<br>мм)                                                                                                                                                                                                                                                                            | После<br>дробилки                    | Один раз в<br>смену | Метод<br>взвешиван<br>ия<br>ГОСТ<br>10223-97*                                                                                      | Набор<br>сит ±3%        |
|                         | Сушка       | Влажность<br>(от 1 до 2 %)                                                                                                                                                                                                                                                                                               | После<br>сушильног<br>о барабана     | Один раз в<br>смену | Метод<br>определен<br>ия<br>влажности                                                                                              | Влагомер<br>± 0,1%      |
|                         | Обжиг       | Температура в<br>зоне подсушки<br>(от 300 до 600<br>°C)<br>Температура в<br>зоне<br>дегидратации<br>(от 600 до 700<br>°C)<br>Температура в<br>зоне<br>кальцинирован<br>ия<br>(от 900 до 1100<br>°C)<br>Температура в<br>зоне<br>экзотермическ<br>их реакций<br>(от 1100 до<br>1300 °C)<br>Температура в<br>зоне спекания | После<br>вращающе<br>йся печи        | Один раз в<br>смену | По<br>специальн<br>ому<br>технологи<br>ческому<br>регламенту                                                                       | Термопа<br>ры<br>± 0,2% |

|          |                      |                                                                               |                        |                  |                                                                                   |                             |
|----------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
|          |                      | (от 1300 до 1450 °С)<br>Температура в зоне охлаждения<br>t= 1300 - 1000° С    |                        |                  |                                                                                   |                             |
|          | Вылеживание клинкера | Содержание свободного СаО (0,69 %)                                            | Склад клинкера         | Один раз в смену | Метод химического анализа ГОСТ 5382-91                                            | Фотоэлектротитрометр ± 0,5% |
|          | Совместный помол     | Тонкость помола (92 %)                                                        | После шаровой мельницы | Один раз в смену | Метод определения тонкости помола ГОСТ 310.2-76                                   | Сито № 008 ± 0,5%           |
| Выходной | ПЦТ II-СС-50         | Тонкость помола (92%)                                                         | Лаборатория            | От партии        | Метод определения тонкости помола ГОСТ 310.2-76                                   | Сито № 008 ± 0,5%           |
|          |                      | Нормальная густота (30 %)                                                     | Лаборатория            | От партии        | Метод определения нормальной густоты ГОСТ 310.3-76                                | Прибор Вика ±1 мм           |
|          |                      | Сроки схватывания (начало схватывания – не ранее 2ч, конец – не позднее 10 ч) | Лаборатория            | От партии        | Метод определения сроков схватывания ГОСТ 310.3-76                                | Прибор Вика ±1 мм           |
|          |                      | Удельная эффективная активность естественных радионуклидов (до 370 Бк/кг)     | Лаборатория            | От партии        | Метод определения удельной эффективной активности естественных радионуклидов ГОСТ | Радиометр ±30 %             |



|  |  |                                                                                                             |                 |           |                                                                                             |                                      |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
|  |  |                                                                                                             |                 |           | 30108-94                                                                                    |                                      |
|  |  | Удельная<br>поверхность<br>(300 м <sup>2</sup> /кг)                                                         | Лаборатор<br>ия | От партии | Метод<br>определени<br>я удельной<br>поверхност<br>и<br>ГОСТ<br>310.2-76                    | Прибор<br>ПСХ - 9<br>± 1,5 %         |
|  |  | Истинная<br>плотность<br>(ρ = 2900<br>кг/м <sup>3</sup> )                                                   | Лаборатор<br>ия | От партии | Метод<br>определени<br>я истинной<br>плотности                                              | Прибор<br>Ле-<br>Шателье<br>± 1 %    |
|  |  | Насыпная<br>плотность:<br>в<br>рыхлонасыпно<br>м состоянии<br>(ρ <sub>н</sub> = 1050<br>кг/м <sup>3</sup> ) | Лаборатор<br>ия | От партии | Метод<br>определени<br>я насыпной<br>плотности                                              | Мерный<br>цилиндр<br>± 1 %           |
|  |  | Предел<br>прочности:<br>при изгибе<br>(5,4 МПа)                                                             | Лаборатор<br>ия | От партии | Метод<br>определени<br>я предела<br>прочности<br>при изгибе<br>и сжатии<br>ГОСТ<br>310.4-93 | Гидравли<br>ческий<br>пресс ± 2<br>% |
|  |  | при сжатии<br>(39,2 МПа)                                                                                    |                 |           |                                                                                             |                                      |
|  |  | Активность<br>(от 40 до 50<br>МПа)                                                                          | Лаборатор<br>ия | От партии |                                                                                             | Гидравли<br>ческий<br>пресс ± 2<br>% |

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### *Расчет складов*

Расчет ориентировочной емкости ( $\text{м}^3$ ) и площади ( $\text{м}^2$ ) склада производится по формулам:

$$V_H = \frac{A_k P_y C_H}{365 K_H \sigma_H},$$

$$F = \frac{V_H}{K_2 H_M} K_1,$$

где  $V_H$  — потребная для данного материала емкость склада,  $\text{м}^3$ ;

$A_k$  — производительность завода по клинкеру, т/год;

$P_y$  — удельный расход материала на 1 т клинкера;

$C_H$  — нормативный запас материала в сутках (таблица В.1);

$K_H$  — коэффициент использования агрегатов, для питания которых используется данный материал;

$\sigma_H$  — объемная масса материала, т/ $\text{м}^3$  (таблица В.3);

$K_1$  — коэффициент, учитывающий разрывы и проезды на складе, разгрузочные канавы, ремонтные площадки и т. п.;

$K_1 \sim 1,2 - 1,5$ ;

$K_2$  — коэффициент использования теоретического объема штабеля, зависящий от формы и размеров штабеля (таблица В.2);

$H_M$  — максимальная высота штабеля при использовании грейфера  $H_M = H_{гр} - 1$ ; где  $H_{гр}$  — максимальная высота подъема грейфера, м.

### Склад известняка

$$V_H = \frac{12794,5 \cdot 0,855 \cdot 10}{365 \cdot 0,7 \cdot 1,5} = 285,5 \text{ м}^3$$

$$F = \frac{285,5}{0,45 \cdot 6} 1,5 = 158,6 \text{ м}^2$$

### Склад клинкера

$$V_H = \frac{15716,7 \cdot 0,81 \cdot 10}{365 \cdot 0,7 \cdot 1,5} = 332,17 \text{ м}^3$$

$$F = \frac{332,17}{0,45 \cdot 4} 1,5 = 276,8 \text{ м}^2$$

Определение размеров силосного склада кусковых материалов выполняется в следующем порядке:

1. По формуле (В.1) рассчитывается потребная емкость склада ( $V_H$ ).
2. Количество силосов определяется из выражения:

$$n = \frac{V_H}{V_C}$$

где  $V_C$  — полезный объем одного силоса, (таблица В.4)

Силосы гипса

$$V_H = \frac{15716,7 \cdot 0,05 \cdot 30}{365 \cdot 0,7 \cdot 1,45} = 63,6 \text{ м}^3$$

$$n = \frac{63,6}{80} = 0,795 \approx 1$$

Силосы тампонажного цемента

$$V_H = \frac{22119 \cdot 0,7 \cdot 20}{365 \cdot 0,7 \cdot 1,5} = 523,7 \text{ м}^3$$

$$n = \frac{523,7}{80} = 6,55 \approx 7$$