

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И МОЛОДЕЖНОЙ ПОЛИТИКИ  
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение  
Свердловской области «Богдановичский политехникум»**



**ПМ 03. ВЕДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Методические указания для студентов заочной формы обучения образовательных учреждений среднего профессионального образования по специальности 18.02.15

«Производство тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий»

**Богданович  
2022**

Утверждено  
методическим советом  
ГАПОУ СО «БПТ»

Протокол № 2  
от «18» ноября 2022 г.

Составитель:

Озорнина И.А., преподаватель специальных дисциплин ГАПОУ СО «БПТ» высшей квалификационной категории.

Методическое пособие составлено для студентов-заочников средних профессиональных образовательных учреждений для специальности 18.02.05 «Производство тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий». Цель данной работы – помочь будущим специалистам сформировать знания и умения в области проектирования технологических процессов и закрепить навыки (профессиональные компетенции) при выполнении разделов курсового проекта.

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	4
	5
<b>1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ О КУРСОВОМ ПРОЕКТЕ</b>	
1.1 Тематика курсовых работ и технические задания	5
1.2 Содержание курсовой работы	6
<b>2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА</b>	8
<b>3 ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА</b>	9
<b>4 ПОЯСНЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА</b>	10
<b>4.1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ</b>	10
4.1.1 Область применения и условия службы изделий (материалов)	10
4.1.2 Физико-химические основы производства изделий (материалов)	10
4.1.3 Требования стандартов на изделия (материалы) (ГОСТ и ТУ, ТИ)	11
4.1.4 Принципиальная технологическая схема производства изделий (материалов)	11
<b>4.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b>	13
4.2.1 Подбор сырья, вспомогательных материалов и добавок, их характеристика.	13
4.2.2 Описание работы отделения с подбором технических параметров и их обоснование.	16
4.2.3 Подбор технологического, транспортного и грузоподъемного оборудования.	16
4.2.4 Подробная технологическая схема производства изделий (материалов).	17
<b>4.3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ</b>	20
4.3.1. Расчет материального баланса производства.	20
4.3.2. Расчет количества основного и технологического оборудования.	21
4.3.3. Расчет емкостей для хранения порошков (бункера, силоса).	26
4.3.4. Определение количества вспомогательного технологического, транспортного и грузоподъемного оборудования.	28
<b>5 ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА</b>	29
<b>6 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b>	30
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А</b>	32
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б</b>	36
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В</b>	38
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г</b>	39
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Д</b>	41
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Е</b>	80

## ВВЕДЕНИЕ

Цель данного пособия - оказание помощи студентам, выполняющим курсовой проект по специальности 18.02.05 «Производство тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий».

На качество курсового проекта влияют выбор и обоснование прогрессивного решения на основе научных исследований, опыта производств и собственного подхода к решению поставленной задачи. Наиболее полно эти требования и возможности могут быть реализованы при выполнении курсового проекта непосредственно в заводских условиях или с использованием материала, собранного на производственно практике.

В пособии учтено возрастание роли самостоятельной научно-исследовательской работы в учебном процессе. Поэтому студенты, участвующие в выполнении различных форм студенческой научно-исследовательской работы и имеющие положительные научно-технические результаты, могут выполнять проект по индивидуальной теме. Результаты курсового проекта, выполненной на основе реальных технологических процессов и условий, могут представлять практический интерес для конкретного производства. В этом случае решение организационных вопросов выполненного исследования должно быть его логическим завершением. Другая группа работ направлена на проектирование производственных отделений (участков) отвечающим современным требованиям технологического процесса.

Ввиду сложности в поисках некоторой части информации, необходимой для выполнения курсового проекта, в пособии даны приложения, содержащие значительную часть этой информации.

Рекомендуемые материалы позволяют проявить самостоятельность в практическом использовании знаний в области технологических процессов производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий.

# **1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ О КУРСОВОМ ПРОЕКТЕ**

Курсовое проектирование проводится с целью привития обучающимся навыков самостоятельной работы и закрепления знаний, полученных при изучении специальных дисциплин, а также самостоятельного решения технологических задач при проектировании производственного отделения или участка.

Курсовой проект дает возможность установить степень усвоения учебного материала, полученные при изучении междисциплинарного курса данного профессионального модуля и умение обучающегося применять знания и навыки, приобретенные при прохождении учебной практики, а также подготовить обучающегося к защите дипломного проекта.

Пояснительная записка и графическая часть курсового проекта оформляются в соответствии с требованиями: титульный лист, лист задания на курсовой проект, лист с документацией, лист содержания, основную часть документа, список литературы, приложения (при необходимости), листы спецификации на чертежи. К защите допускается работа с подписью преподавателя – нормоконтролера.

По тексту пояснительной записки и в соответствующих местах необходимо сделать ссылки на используемую литературу, а также на таблицы, рисунки, чертежи, которые должны иметь номера и названия.

## **1.1. Тематика курсовых проектов и технические задания.**

Тематика курсовых проектов должна отражать конкретные производственные задачи или возможно выполнение научно-исследовательской работы имеющей положительные востребованные на конкретном производстве результаты.

Техническое задание на проект оформляет руководитель проекта на специальном бланке в установленном порядке.

При составлении технического задания на курсовой проект необходимо исходить из примерно одинаковой сложности заданий для каждого обучающегося.

Темы курсовых проектов обсуждаются на заседании предметно-цикловой комиссии технологических и социально-экономических дисциплин и утверждаются заместителем директора по УВР.

### **Примерные темы курсовых проектов:**

Организация технологического процесса производства строительной извести.

Организация технологического процесса производства портландцемента по мокрому способу

Организация технологического процесса производства портландцемента по сухому способу

Организация технологического процесса подготовки глины на связку в отделении

сушки.

Организация технологического процесса производства волнистых асбестоцементных листовых изделий.

Организация технологического процесса производства асбестоцементных труб.

Организация технологического процесса производства керамического стенового изделия в смесительно-прессовом отделении.

Организация технологического процесса производства фарфоровых плоских бытовых изделий пластическим способом.

Организация технологического процесса производства керамических облицовочных плиток.

Организация технологического процесса производства глины на шамот во вращающейся печи в отделении обжига.

Организация технологического процесса производства глины на шамот в шахтной печи в отделении обжига.

Организация технологического процесса улавливания и переработки пыли из вращающейся печи обжига глины.

Организация технологического процесса сушки глины в установке одновременной сушки и помола в отделении сушки.

Организация технологического процесса сушки глины на связку в сушильном барабане в отделении сушки.

Организация технологического процесса производства муллитокремнезёмистого волокна.

Организация технологического процесса производства легковесных огнеупорных изделий с кажущейся плотностью  $1,3 \text{ г/см}^3$  в смесительно-прессовом отделении.

Организация технологического процесса производства легковесных огнеупорных изделий с кажущейся плотностью  $0,4 \text{ г/см}^3$  в смесительно-прессовом отделении.

Организация технологического процесса производства периклаза в электродуговых печах.

Организация технологического процесса термообработки электротехнического периклаза.

Организация технологического процесса производства корундовых изделий способом шликерного литья.

Организация технологического процесса производства корундовых изделий способом термопластического формования.

Организация технологического процесса производства углеродсодержащих изделий в смесительно-прессовом отделении.

Организация технологического процесса производства центровых трубок пластическим способом в смесительно-прессовом отделении.

Организация технологического процесса производства динасовых легковесных изделий в смесительно-прессовом отделении.

Организация технологического процесса обжига шамотных ковшевых изделий.

Организация технологического процесса производства динасовых изделий для электродуговых печей в смесительно-прессовом отделении.

Связующие материалы, используемые в производстве ТН и СМ и И.

Современные методы обогащения сырья для производства ТН и СМ и И.  
Использование техногенного сырья в производстве ТН и СМ и И.  
Современные технологические процессы производства ТН и СМ и И.  
Современное состояние развития промышленности ТНиСМиИ за рубежом (на одном из видов продукции).  
Организация технического контроля производства.  
Охрана окружающей среды в производстве ТНиСМиИ.  
Возможна индивидуальная тема исследовательского характера

## **1.2 Содержание курсового проекта.**

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части (чертеж технологической схемы производства):

### **Пояснительная записка должна содержать:**

- титульный лист;
- техническое задание;
- лист документации;
- содержание;
- основную часть в соответствии с техническим заданием;
- список литературы;
- спецификацию.

Основная часть включает разделы:

- введение;
- общая часть;
- технологическая часть;
- расчетная часть;
- заключение.

Общая часть включает подразделы:

- область применения изделий (материалов), условия их службы;
- физико-химические основы производства изделий(материалов);
- требования стандартов на изделия (материалы) (ГОСТ и ТУ);
- принципиальная технологическая схема производства изделий (материалов).

Технологическая часть включает подразделы:

- выбор сырья и добавок для производства изделий (материалов), их характеристика;
- описание работы отделения с подбором технологических параметров производства изделий (материалов) и их обоснование;
- подбор технологического, транспортного и грузоподъемного оборудования;
- подробная технологическая схема производства.

Расчетная часть включает подразделы:

- расчет материального баланса производства
- расчет количества основного технологического оборудования;
- расчет емкостей (бункера, силоса) для хранения материалов;
- определение количества вспомогательного технологического, транспортного и грузоподъемного оборудования.

**Графическая часть должна содержать** технологическую схему производства изделий (материалов) в виде схематических изображений (ПРИЛОЖЕНИЕ Е ) различного оборудования с примерным сохранением масштабности относительно друг друга.

## 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Для успешной работы над курсовым проектом рекомендуется придерживаться следующей последовательности:

1. Ознакомиться с заданием, настоящими методическими указаниями, на консультации с преподавателем уточнить особенности разработки заданной темы.

2. Изучить литературу по теме курсового проекта и составить краткие аннотации прочитанных статей.

3. Изучить номенклатуру продукции, подлежащей выпуску, ее технические свойства согласно действующему стандарту и конкурентоспособности.

С целью планомерного выполнения курсового проекта в определенной последовательности рекомендуется руководствоваться примерным графиком, представленным в таблице 1.

Студенты выполняют перечисленные разделы проекта самостоятельно при регулярном посещении консультаций преподавателя.

*Таблица 1 График выполнения курсового проекта*

Этапы работы	Примерный расход времени, %
Область применения изделий (материалов), условия их службы	5
Физико-химические основы производства изделий (материалов)	5
Требования стандартов на изделия (материалы) (ГОСТ и ТУ)	2
Принципиальная технологическая схема производства изделий (материалов)	5
Выбор сырья и добавок для производства изделий (материалов), их характеристика	10
Описание работы отделения с подбором технологических параметров производства изделий (материалов) и их обоснование	15
Подбор технологического, транспортного и грузоподъемного оборудования.	15
Подробная технологическая схема производства	2
Расчет материального баланса производства	10
Расчет количества основного технологического оборудования.	10
Расчет емкостей (бункера, силоса) для хранения порошков	5
Определение количества вспомогательного технологического, транспортного и грузоподъемного оборудования	5
Графическая часть	20

### 3 ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект студент защищает комиссии, которая принимает и оценивает ее с учетом качества выполнения пояснительной записки и графической части выбранной технологической схемы.

К защите проекта студент допускается лишь при наличии на титульном листе допуска к защите и на чертежах подписи руководителя проекта и преподавателя-нормоконтролера.

Для защиты следует подготовить доклад на 7-10 мин, в котором надлежащим образом изложить содержание основных разделов проекта.

Содержание доклада на основной защите:

Представление. Представиться: назвать фамилию, имя, отчество, тему курсового проекта.

Обоснование актуальности темы.

Характеристика научно-нормативной базы проведенного проектирования:

- четкая формулировка цели и задач проектирования;
- исходные данные, характеризующие исследуемый объект;
- выводы и предложения, сформулированные по результатам проектирования;
- авторская оценка эффективности и возможных направлений использования результатов проведенного исследования.

## **4 ПОЯСНЕНИЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Перед основной частью необходимо написать вводную часть, в которой следует раскрыть актуальность темы данного проекта, поставить цель работы и определить задачи для достижения поставленной цели. Заключение формулируется по окончании основной части. Заключение должно иметь подробные выводы студента о проделанной работе над проектом, следует отметить положительные стороны данной работы, что удалось раскрыть в проекте и указать на недостатки в проектируемой технологии, если таковые имеют место быть.

### **4.1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ**

#### **4.1.1 Область применения изделий (материалов) и условия их службы**

По литературным источникам (учебники, специальная и техническая литература) описываются условия службы изделий или материалов. Приводятся рисунки частей тепловых агрегатов или приспособлений, где служат в качестве футеровки проектируемые изделия. Либо другие условия службы, согласно заданной теме. Устанавливаются факторы, действующие на изделие или материал в процессе службы. Если во время службы происходят изменения состава и свойств, проектируемых изделий или материалов, необходимо описать эти процессы. Устанавливается механизм разрушения изделия (материала).

Формируются требования к свойствам изделия (материала) (например, для огнеупорного изделия - огнеупорность, химический состав, теплопроводность, пористость, прочность, ТНД под нагрузкой и др. Отметить, удовлетворяют ли проектируемые изделия (материалы) требованиям, предъявляемым в службе.

Предложить мероприятия по повышению качественных свойств проектируемых изделий или материалов.

#### **4.1.2 Физико-химические основы производства изделий (материалов)**

В настоящем разделе необходимо описать физико-химические процессы, происходящие при производстве изделий (материалов) согласно теме КП. Например, если тема курсового проекта связана с обжигом изделия (материала) необходимо привести диаграмму обжига, которая характеризует состояние системы при изменении температур. Необходимо описать эту диаграмму, необходимость обработки материалов различными приемами и по режимам, наиболее благоприятным для такого течения физико-химических процессов, при котором получают изделия (материал) с требуемыми свойствами. Записать все необходимые химические реакции, протекающие в процессе производства.

#### 4.1.3 Требования стандартов на изделия (материалы) (ГОСТ и ТУ, ТИ).

Согласно теме курсового проекта необходимо отыскать в справочнике ГОСТов проектируемые изделия (материалы), выбрать марку, форму, размеры и вес изделия. Выписать, соответственно выбору, физико-химические показатели их свойств, допуски на внешний вид и размеры. Привести рисунок изделия. Если ГОСТы на проектируемые изделия (материалы) в справочниках отсутствуют, то необходимо воспользоваться ТУи ТИ, действующие на существующем предприятии.

#### 4.1.4 Принципиальная технологическая схема производства изделий (материалов)

Данная технологическая схема должна включать в себя все основные технологические переделы заданного по теме отделения. Если разрабатывается тема по производству порошков (шамота, глины и т.п.) и производительность задана по порошкам, то схему необходимо составить от склада сырья до склада готового материала.

По заданному способу производства необходимо разработать технологическую схему производства. Для этого необходимо рассмотреть возможные варианты осуществления каждой технологической операции, указав их преимущества и недостатки, не подменяя это описанием последовательности движения материала. Взвесив положительные и отрицательные стороны каждого возможного технологического варианта, в проекте принимается оптимальный. Так, например, при пластическом способе производства рассмотрите преимущества и недостатки без их описания, возможные технологические схемы получения пластической массы - из глин с карьерной влажностью, из сухих порошков глины и отощителя, из шликерных масс. Анализ возможности и целесообразности применения каждого из этих вариантов позволит определить оптимальный технологический поток для заданного ассортимента продукции. Завершающим этапом является составление принципиальной схемы производства с указанием последовательности и взаимосвязи главнейших технологических операций.

Не следует этот раздел подменять описанием технологических схем уже существующих на заводах, а также последовательностью движения исходных материалов и полуфабрикатов, принципов работы оборудования. Устройство и принцип работы оборудования следует давать только в том объеме, который необходим для разъяснения технологической операции.

Например, схема подготовки глины на связку будет выглядеть примерно следующим образом:

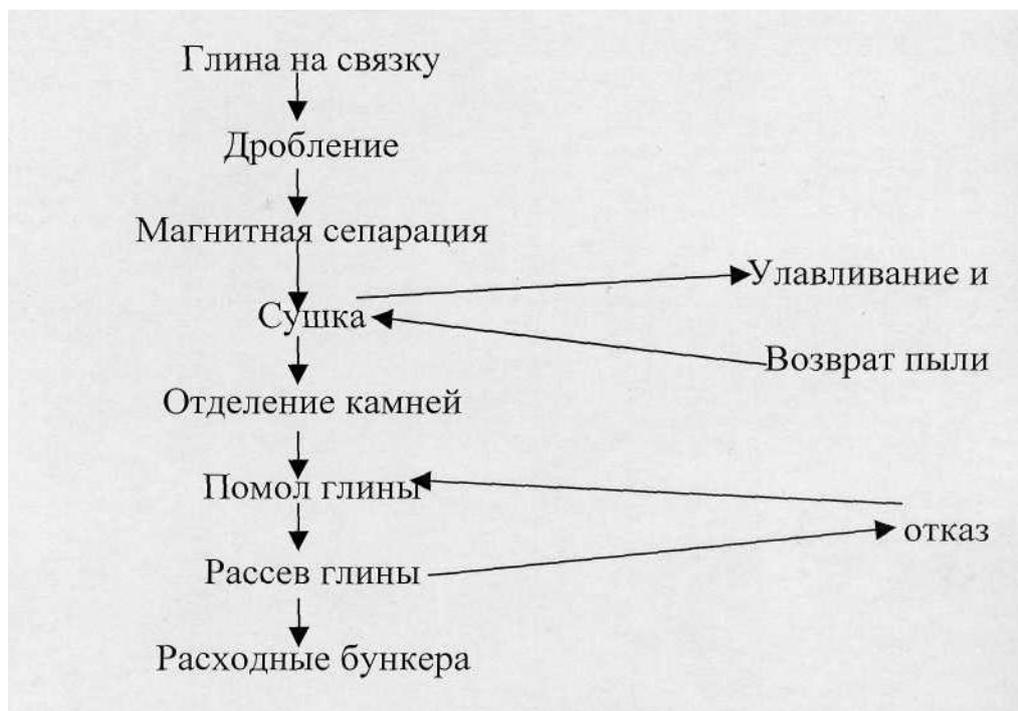


Рисунок 1 Принципиальная технологическая схема.

Схема должна быть составлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к современной технологии производства.

Выбор технологической схемы должен быть обоснован. Например, при производстве шамотных огнеупорных изделий могут быть использованы способы пластического формования и прессование из полусухих масс. Предлагая один из способов необходимо отметить его преимущества перед другими.

Точно также следует обосновать выбор технологической схемы производства любых других изделий или материалов.

## 4.2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.2.1 Выбор сырья и добавок для производства, их характеристика.

Правильно произведенный подбор сырья должен обеспечить получение продукции, отвечающей требованиям стандартов.

Для подбора сырья рекомендуется воспользоваться специальной литературой, например, справочником.

Путем сравнительного анализа нескольких (2-3) месторождений делается заключение о том, какое сырье (какого месторождения) в большей степени отвечает установленным требованиям. Например, при разработке темы по производству шамотных изделий необходимо произвести выбор глины на связку и на шамот.

При выборе глины на связку из справочника выбирается несколько высокопластичных или пластичных глин, с низкой температурой спекаемости и т. п. Дается краткое описание состава огнеупорных глин и ее свойств.

В таблицу заносятся все необходимые для сравнительного анализа данных по этим глинам.

Пример:

Таблица 2 Физико-химические показатели глин на связку

Месторождение глин, марка	Массовая доля, %		Огнеупорность, не менее °С	ПШ, %, не более	Темпера-тура спекания, °С	Пластичность по Аттербергу
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> не менее	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> не более				
Нижне-Увельское НУ-2	29	2,9	1670	14	1180-1250	19-20
Латненское ЛТ-2	28	2,5	1670	20	1200-1350	18

По приведенной таблице пишется сравнительный анализ месторождений глин и как вывод - выбор одной из них.

Аналогично производится выбор глины на шамот. Но здесь основными показателями для сравнения будут: содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, температура спекания, огнеупорность. Пластичность данной глины значения не имеет.

Выбранному сырью дается подробная характеристика: указывается его минералогический, химический состав, примеси, характерные особенности и т.д.

Затем необходимо обосновать применяемые добавки, если таковые предусмотрены проектом, и представить их полную характеристику.

Далее (при проектировании алюмосиликатных огнеупорных изделий) необходимо произвести расчет химического состава готовых изделий и убедиться, обеспечит ли выбранное сырье получение изделий с требуемым содержанием Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (согласно ГОСТ или ТУ, соответственно подразделу 1.3.). Пусть курсовым

проектом предлагается использовать для производства изделий марки ШН-42 глину на шамот Аркалыкского месторождения марки АРБ-45 и глину на связку Нижне-Увельского месторождения.

Пример расчета.

**Расчет химического состава  $Al_2O_3$  в готовых изделиях марки ШН-42:**

Необходимо произвести химический состав готовых изделий по требуемому содержанию  $Al_2O_3$ , которое составляет 42 %.

**Содержание  $Al_2O_3$  в глине связке:**

$$\frac{29 \cdot 28}{100} = 8,12 \%$$

где

Содержание  $Al_2O_3$  глины на связку -29%;

Количество глины-связки в составе шихты 28%.

**Содержание  $Al_2O_3$  в шамоте:**

$$\frac{49 \cdot 72}{100} = 35,28 \%$$

где

Содержание  $Al_2O_3$  глине на шамот-49%;

Количество шамота в составе шихты - 72%.

**Содержание  $Al_2O_3$  в шихте:**

$$35,28 + 8,12 = 43,4 \%$$

**Содержание  $Al_2O_3$  в шликере:**

$$\frac{30 \cdot 29}{100} = 8,7 \%$$

где

Количество глины в шихте для приготовления шликера – 30%;

Содержание  $Al_2O_3$  в глине на шликер – 29 %;

$$\frac{8,7 \cdot 8,12}{100} = 0,70 \%$$

**Содержание  $Al_2O_3$  в готовых изделиях составит:**

$$43,4+0,70=44,1 \%$$

Учитывая, что расчетное содержание  $Al_2O_3$  в изделиях чуть больше требуемого стандартом 42 %, делаем вывод, что, предлагаемое сырье выбрано верно.

**Расчет химического состава  $Fe_2O_3$  в готовых изделиях марки ШН-42:**

Необходимо произвести химический состав готовых изделий по требуемому содержанию  $Fe_2O_3$  2,8 которое составляет 42 %.

**Содержание  $Fe_2O_3$  в глине связке:**

$$\frac{2,9*28}{100} = 0,8 \%$$

где

Состав  $Fe_2O_3$  в глине на связку -2,9%;

Количество глины-связки в составе шихты- 28%.

**Содержание  $Fe_2O_3$  в шамоте:**

$$\frac{1,5 * 72}{100} = 1,15 \%$$

где

Состав  $Fe_2O_3$  в глине на шамот – 1,5 %;

Количество шамота в составе шихты- 72%.

**Содержание  $Fe_2O_3$  в шихте:**

$$1,15+0,8=1,95 \%$$

**Содержание  $Fe_2O_3$  в шликере:**

$$\frac{30 * 2,9}{100} = 0,87 \%$$

где

Состав  $Fe_2O_3$  в глине на шликер – 2,9 %;

Количество глины в составе шихты для приготовления шликера – 30 %.

$$\frac{0,87 * 0,8}{100} = 0,006 \%$$

**Содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в готовых изделиях составит:**

$$1,95 + 0,006 = 1,95 \%$$

Учитывая, что расчетное содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в изделиях 1,95 %, а требуемого стандартом содержание не более 2,8 %, делаем вывод, что, предлагаемое сырье выбрано верно.

#### **4.2.2 Описание работы отделения с подбором технологических параметров и их обоснование.**

Технологический процесс на любом производственном переделе характеризуется многими параметрами. Все необходимые параметры должны быть правильно подобраны и всесторонне обоснованы. Например, в смесительно-прессовом отделении должны быть подобраны следующие параметры: состав шихты, влажность массы, порядок ее смешения с составлением циклограммы, общее время смешения, давление прессования, количество увлажняющей добавки, ее характеристика, процент брака сырца и т.д.

Обоснование параметров следует производить с учетом их влияния на качество продукции (сырца, полуфабриката, готовой продукции).

Например, при обосновании параметров производства ковшевого плотного кирпича следует разъяснить, почему содержание шамота в массе должно быть повышено, почему должно быть более высокое прессовое давление и т.д.

Многие из подобранных параметров будут необходимы при расчете материального баланса производства, подборе и определении количества основного технологического оборудования.

#### **4.2.3 Подбор технологического, транспортного и грузоподъемного оборудования.**

Все оборудование, применяемое на заводах по производству силикатных неметаллических и тугоплавких изделий и материалов, можно условно разделить на технологическое (основное и вспомогательное), транспортное и грузоподъемное. Вначале необходимо выбрать технологическое оборудование согласно разработанной технологической схеме. Выбор оборудования производится только для проектируемого отделения. К основному оборудованию относятся: в дробильно-помольных отделениях - дробилки, мельницы, грохоты, в смесительно-прессовых - смесители, пресса, в сушильно-обжиговых - сушила, печи. К технологическому вспомогательному оборудованию относятся элеваторы, конвейеры, питатели, дозаторы, мешалки, автоматы-укладчики и т.д. Грузоподъемное оборудование – мостовые грейферные краны, кран-балки,

тельферы. Транспортное оборудование – электролафеты, электрокары и т.п.

Выбираемое оборудование должно отвечать следующим требованиям: совершенство конструкции, высокая производительность при высоком качестве порошков, масс, полуфабриката и готовых изделий, удобство и простота обслуживания, надежность в работе, а также должно обеспечивать безопасные и благоприятные условия труда.

При выборе дробильно-помольного оборудования необходимо учесть свойства сырья и порошков: крупность, влажность, прочность, твердость; при выборе прессового оборудования - прессовое усилие и размер прессуемого сырца. Оборудование для сушки и обжига должно быть экономично с точки зрения расхода топлива.

Выбор оборудования должен быть достаточно обоснован на основе анализа его технико-экономических показателей: производительности, прессового усилия, стоимости, удельного расхода электроэнергии и условного топлива и т.д.

При выборе необходимо также учесть рекомендации по применению того или иного оборудования для обработки тех или иных видов сырья, порошков, масс, прессования, сушки и обжига. Рекомендации содержатся в специальной литературе по механическому оборудованию (В. Г. Байсоголов «Механическое и транспортное оборудование заводов огнеупорной промышленности» М. «Металлургия», 1981 и др.)

При выборе основного оборудования дается его характеристика, в которой указывается тип (марка), производительность, мощность электродвигателя, габаритные размеры, масса и др. Характеристику оборудования рекомендуется оформить в виде таблицы.

При выборе вспомогательного оборудования указывается его назначение и дается характеристика, так же сведенная в таблицу.

Для осуществления транспортных операций между отдельными переделами в отделении необходимо предусмотреть транспортное оборудование: мостовые краны, кран-балки, тельферы, электролафеты, погрузчики. Для проведения ремонтных работ на участках с громоздким оборудованием (дробилки, мельницы, пресса, вращающиеся печи, сушильные барабаны и т.д.), следует запроектировать грузоподъемное оборудование (мостовые краны, кран-балки, тельферы). При выборе транспортного и грузоподъемного оборудования указывается его назначение и дается характеристика.

При выборе основного технологического оборудования следует учитывать качественную характеристику сырья и требования, предъявляемые к материалу после обработки на данном агрегате или машине.

#### **4.2.4 Подробная технологическая схема производства.**

В данном разделе на основе принципиальной схемы производства необходимо составить подробную технологическую схему производства изделий (материалов) в проектируемом отделении (на участке). В схеме должно быть указано все применяемое технологическое (основное и вспомогательное),

транспортное и грузоподъемное оборудование.

На основании составленной технологической схемы выполняется графическая часть проекта.

Например, для отделения подготовки глины на связку схема (рисунок 2) будет выглядеть следующим образом:





Рисунок 2 Подробная технологическая схема

## 4.3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

### 4.3.1 Расчет материального баланса производства.

Материальный баланс - расчетное равенство количества сырья и вспомогательных материалов, поступающих на предприятие, и готовой продукции с учетом химических и механических потерь на всех стадиях технологического производства.

Результаты материального баланса по переделам и предприятию в целом служат данными для расчета основного и вспомогательного оборудования, определения емкости и количества бункеров или силосов, расчета необходимых складских площадей для приема сырья или готовых изделий.

Для выполнения расчета необходимо задаться значениями основных технологических нормативов данного производства – состава массы, влажности материалов и их изменения на всех стадиях производства, потерь при прокаливании исходных материалов и масс, отходов при механической обработке полуфабрикатов, потерь от брака (возвратных и безвозвратных) и от распыления материалов на всех стадиях производства. Значения всех указанных нормативов выбирают на основании соответствующих «Норм технологического проектирования» предприятий данной отрасли промышленности и норм потерь, приведенных в ПРИЛОЖЕНИЯХ А,Б.

Исходя из заданной годовой производительности, рассчитывается материальный баланс по всем стадиям производства в следующем порядке:

- выход годных изделий;
- общий выход продукции из обжига;
- количество полуфабриката, поступающего в обжиг, в сушку;
- количество полуфабриката, сформованного на прессах;
- количество потребляемой массы исходных сырьевых материалов.

Количество материалов при переходе от последующей стадии производства к предыдущей, как правило, определяют по следующим формулам:

$$Q_{\text{noc}} = Q_{\text{пред}} \cdot \frac{100}{100 - a}; \quad Q_{\text{пред}} = Q_{\text{noc}} \cdot \frac{100 - a}{100},$$

где

$Q_{\text{пред}}$ ,  $Q_{\text{noc}}$  – массовое количество материала на предыдущей и последующей стадиях производства соответственно;

$a$  – отходы при обработке или потери (удаление влаги, брак, распыление и т.д.), %.

В тех случаях, когда наряду с безвозвратными потерями, имеются возвратные потери, в расчетах соответствующих стадий технологического процесса рассчитывают возврат материалов в производство и указывают, где осуществляется возврат.

Исходные данные для расчета:

$A$  – годовой выпуск продукции;  
форма и размер изделий;

масса одного изделия или единицы изделий, указывается в процентах:

$a$  – потери годной продукции на складе (бой);

$b$  – брак продукции при обжиге;

$c$  – *n.n.n.* (потери при прокаливании массы), рассчитываются по данным химического анализа исходного сырья:

$$n.n.n. = \frac{n.n.n. \cdot R}{100} + \frac{n.n.n. \cdot S}{100} + \square \text{ и т.д.},$$

где :

$n.n.n.$ ,  $n.n.n.$  и т.д. – потери при прокаливании каждого компонента, входящего в состав массы;

$R$ ,  $S$  – содержание каждого компонента в массе;

$d$  – остаточная влажность полуфабриката после сушки;

$e$  – брак продукции при сушке;

$g$  – влажность массы;

$k$  – брак при формовке;

$r$  – влажность компонента 1 после сушки;

$q$  – безвозвратные потери компонента 1 после помола и транспортировки;

$v$  – безвозвратные потери компонента 1 при сушке;

$z$  – потери компонента 1 на складе;

$w$  – естественная влажность компонента 1;

$s$  – потери компонента 2 при помоле и транспортировке;

$t$  – потери в обжиге при получении компонента 2;

$l$  – исходная влажность сырья для получения компонента 2;

$u$  – потери сырья на складе;

$p$  – потери при обезвоживании шликера;

$ш$  – влажность шликера;

$n$  – потери шликера при подготовке и транспортировке;

$h$  – возвращаемый брак при обезвоживании шликера;

$f$  – процент брака сушки и формовки возвращаемого в производство.

Расчет производится с точностью до одной тонны.

Образцы расчета материальных балансов различных производств смотри в ПРИЛОЖЕНИИ Д.

#### 4.3.2. Расчет необходимого количества оборудования

Расчет необходимого количества оборудования производится по следующей формуле:

$$n = \frac{Q'}{Q'' \cdot k},$$

где:

$n$  – количество машин, подлежащих установке;

$Q'$  – требуемая часовая производительность по данному технологическому переделу (данные берут из расчета материального баланса производства);

$Q''$  – часовая производительность машин выбранного типоразмера;

$k$  – нормативный коэффициент использования оборудования во времени (принимается равным 0,8 – 0,9).

Остальное технологическое оборудование подбирают в технологической последовательности операций с учетом максимальной пропускной способности технологического потока.

Правильность выбора машин контролируется коэффициентом использования

$$\psi = \frac{Q}{Q''},$$

где:

$Q$  – часовая пропускная способность технологического потока, т/ч.

Коэффициент использования машины должен быть в пределах 0,7–0,9.

В некоторых случаях отсутствуют машины требуемой производительности, и необходимость поточного производства оправдывает установку машин с низким коэффициентом использования.

Примеры расчетов количества основного технологического оборудования приведены ниже.

## 1 Расчет количества прессов

Определяем часовую производительность пресса:

$$Q_{\text{час}} = m \cdot n \cdot N \cdot 60, \text{ т/час},$$

где:

$m$  – масса изделия сырца, т;

$n$  – число одновременно прессуемых изделий;

$N$  – число прессований в минуту;

60 – число минут в часе.

Масса сырца берется приблизительно на 10-20% больше массы обожженного изделия (на величину ППП и испарившейся влаги).

К примеру, проектом предусмотрен для прессования нормального шамотного кирпича пресс СМ-1085. Для нормальных шамотных изделий масса сырца составляет:

$$3,3 + 0,2 \cdot 3,3 = 4 \text{ кг},$$

где:

3,3 - масса обожженного изделия, кг.

Определяем годовую производительность прессы:

$$Q_{год} = Q_{час} \cdot 8760 \cdot K, \text{ т/год},$$

где:

$Q_{час}$  - часовая производительность прессы, т/ч;

8760 - календарное число часов работы прессы в год;

K - коэффициент использования оборудования (по характеристике оборудования).

Определяем количество прессов:

$$n = Q_{год}^{отдел} / Q_{год}^{пресса}, \text{ шт}$$

где:

$Q_{год}^{отдел}$  - производительность отделения, т/год, (из расчета материального баланса производства берется необходимая статья);

Далее необходимо сделать заключение - сколько прессов следует установить в проектируемом отделении.

## 2 Расчет количества смесителей

Определяем часовую производительность смесителя:

$$Q_{час} = m \cdot n, \text{ т/час},$$

где:

m - масса замеса, т;

n - количество замесов в час (берется по диаграмме смешения из подраздела 2.2. расчетным путем).

Если известен объем, а не масса замеса, то расчет ведется по формуле:

$$Q_{час} = V \cdot \gamma \cdot n, \text{ т/час}$$

где:

V - объем замеса, м<sup>3</sup>;

$\gamma$  - насыпная масса массы, т/м (ПРИЛОЖЕНИЕ Г);

n - количество замесов в час (берется по диаграмме из подраздела 2.2. расчетным путем).

Определяем годовую производительность смесителя:

$$Q_{год} = Q_{час} \cdot 8760 \cdot K, \text{ т/год},$$

Определяем количество смесителей:

$$N = Q_{год}^{отдел} / Q_{год}^{смесит}, \text{ шт.}$$

При определении количества смесителей необходимо учесть несколько замечаний:

Если производительность смесителя равна или больше производительности пресса, то к каждому прессу рекомендуется устанавливать свой смеситель, т.к. при установке одного смесителя на два или более пресса удлиняются пути транспортировки массы, что приводит к ухудшению ее качества (высыхание, ресфракционирование).

Расчетное количество смесителей необходимо увеличить на 1 единицу на случай выхода из строя или остановки на плановый ремонт.

### **3 Расчет количества дробилок, мельниц, сушильных барабанов, печей для обжига сырья и т.п.**

Производится на основе их часовой производительности (из литературных источников).

Количество вспомогательного, транспортного, грузоподъемного оборудования должно находиться в соответствии с производительностью основного оборудования.

Например, перед шаровой мельницей с производительностью 10 т/час должен быть установлен питатель с такой же производительностью или два питателя с производительностью 5 т/час каждый. Кроме того, количество питателей должно быть равно количеству бункеров. Следовательно, расчет вспомогательного оборудования возможно осуществить только рассчитав бункера.

### **4 Расчет количества туннельных печей**

Для расчета необходимо знать массу изделий на вагоне и интервал прогонки вагонеток, определяется по литературным и специальным источникам.

Определяем часовую производительность печи:

$$Q_{час} = m/i, \text{ т/час}$$

где:

m- масса изделий на вагоне, т;

i- интервал прогонки, час.

Пусть для нормальных шамотных изделий  $m=12$  т,  $i=2/3$  часа.

Тогда:

$$Q_{\text{час}} = \frac{12}{2/3} = 18 \text{ т/час.}$$

Определяем годовую производительность печи (непрерывно работающей):

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{час}} \cdot 8760, \text{ т/год,}$$

Определяем количество печей:

$$N = Q_{\text{год}}^{\text{отдел}} / Q_{\text{год}}^{\text{печи}}, \text{ шт.}$$

При определении количества печей необходимо воспользоваться следующими рекомендациями.

Желательно, чтобы печь была загружена полностью, а для этого расчетное количество должно быть несколько меньше целого числа, например:

0,79 - 1 печь,

1,82 - 2 печи,

2,90 - 3 печи и т.д.

## 5 Расчет количества дозаторов периодического действия

Пусть масса замеса в смесителе составляет 600 кг (из расчета смесителей). Состав массы: 70% шамота и 30% глины-связки. В этом случае в смеситель необходимо подать:

Шамота -  $600 \text{ кг} \cdot 0,7 = 420 \text{ кг}$

Глины-связки  $600 \text{ кг} \cdot 0,3 = 180 \text{ кг}$

Если проектом предложено выбрать дозатор типа ДПО - 250, то для подачи шамота потребуется 2 дозатора (настроенных на 210 кг), а для подачи глины-связки - 1 дозатор (настроенный на 180 кг).

Для подачи шамота можно взять и дозатор типа ДПО - 500 (настроенный на 420 кг).

Количество установленных дозаторов следует увязать с количеством бункеров. Здесь дозатор может быть установлен под каждым бункером или под двумя одновременно.

Следует помнить, что для повышения производительности смесителей каждый из компонентов необходимо подать в смеситель за один прием (один цикл работы каждого из установленных дозаторов). Следовательно, расчет количества весовых дозаторов возможно осуществить только после расчета бункеров.

### 4.3.3 Расчет емкостей для хранения порошков.

#### 1 Расчет бункеров

Расчет производится в соответствии с производительностью отделения и нормами запаса материалов для определения количества бункеров и их размеров.

В качестве примера приведен расчет бункеров для хранения шамота перед смесителями.

Пусть, из расчета материального баланса производства шамотных изделий потребное количество шамота в год 83616 тонн (см. соответствующую статью в расчете материального баланса).

Поступает шамота в производство в час:

$$\frac{83616}{8760 \cdot 0,8} = 12 \text{ т/ч,}$$

где: 0,8 - коэффициент использования оборудования;

8760 - календарное число часов в год.

Запас шамота в бункерах:

$$12 \cdot 24 = 288 \text{ т}$$

где: 24 - норма запаса, час (ПРИЛОЖЕНИЕ В ).

Общий объем бункеров:

$$288 / 1,5 = 192 \text{ м}^3,$$

где: 1,5 - насыпная масса шамота, т/м<sup>3</sup> (см. приложение 4).

Общий объем бункеров с учетом коэффициента заполнения:

$$192 / 0,8 = 240 \text{ м}^3,$$

где: 0,8 — коэффициент заполнения бункера.

Пусть курсовым проектом предусмотрена установка трех смесителей. Следовательно, над каждым смесителем необходимо установить бункер шамота объемом 80 м<sup>3</sup>. Но бункера с таким объемом довольно громоздки и не всегда могут вмещаться между этажными перекрытиями. Кроме того, в больших бункерах порошки слеживаются. Поэтому, принимаем к установке 6 бункеров объемом по 40 м<sup>3</sup>. Выбираем комбинированные бункера.

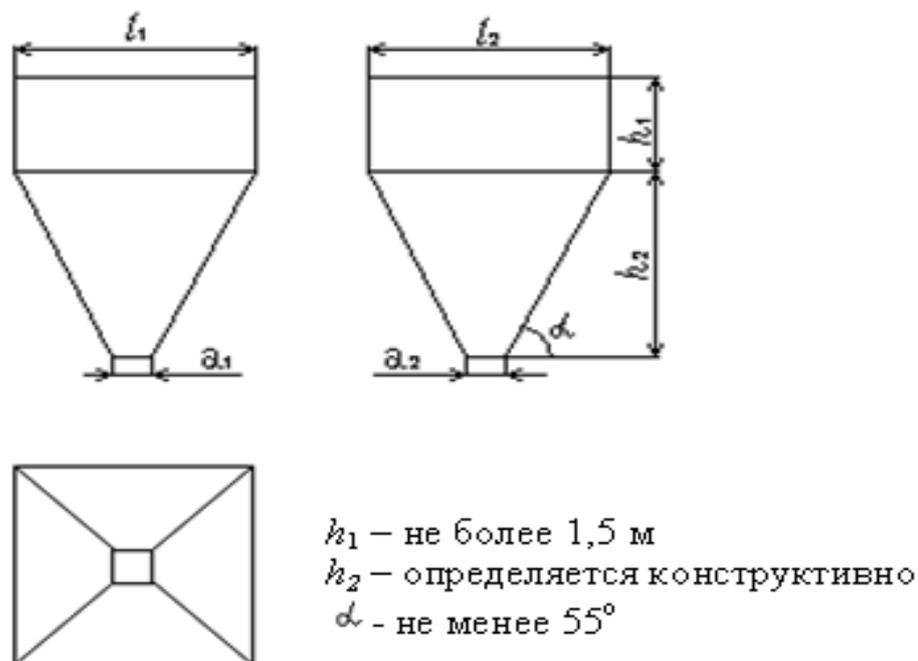


Рисунок 3 Комбинированный бункер.

**Рекомендации:**

$h_1$  -не более 1,5 м;

$h_2$  -определяется конструктивно;

$\alpha$ -не менее  $55^\circ$ .

Размер выпускного отверстия для кусковых материалов принимаем не менее трех максимальных размеров куска, для молотых материалов

$a \times a = 0,4 \times 0,4$  м.

Размеры бункера определяем из соотношения:

$$V = h_1 \cdot l_1 \cdot l_2 + \frac{h_2}{6} \cdot [l_1 \cdot l_2 + (l_1 + a_1) \cdot (l_2 + a_2) + a_1 \cdot a_2], \text{ м}^3$$

Последующая задача заключается в том, чтобы бункеру задать такие размеры, которые бы соответствовали его объему, т.е.  $40 \text{ м}^3$ .

Пусть:  $h_1=1,5$  м,  $h_2=3$  м,  $l_1=4$  м,  $l_2=4$  м,  $a_1=0,4$  м,  $a_2=0,4$  м.

Подставляем значения размеров бункера в формулу:

$$V = 1,5 \cdot 4 \cdot 4 + \frac{3}{6} \cdot [4 \cdot 4 + (4 + 0,4) \cdot (4 + 0,4) + 0,4 \cdot 0,4] = 41,8 \text{ м}^3.$$

Необходим бункер с  $V=40 \text{ м}^3$ ; по расчету получилось  $41,8 \text{ м}^3$ . Так как расхождение небольшое (допустимо  $\pm 2 \text{ м}^3$ ), то размеры бункера принимаем следующие:  $h_1=1,5$  м,  $h_2=3$  м,  $l_1=4$  м,  $l_2=4$  м,  $a_1=0,4$  м,  $a_2=0,4$  м.

Если рассчитанный по формуле объем значительно отличается от необходимого, т.е. более  $\pm 2 \text{ м}^3$ , то для бункера необходимо выбрать другие размеры.

## 2 Расчет силосов

Количество силосов определяется из соотношения:

$$n = \frac{Q_{\text{час}} \cdot 24 \cdot N}{V \cdot \gamma},$$

где:

$Q_{\text{г}}$ - часовая потребность в порошках, т/ч;

24 - количество часов в сутках;

$N$  - запас материала, сут.;

$V$ - объем силоса,  $\text{м}^3$  ;

$\gamma$ - насыпная масса материала, ч/м .

Объем силоса определяется по формуле:

$$V = \pi R^2 \cdot H, \text{ м}^3,$$

где:

$R$  - радиус силоса, м;

$H$  - высота силоса, м;

$\pi$  - const ( $\pi=3,14$ ).

### 4.3.4. Определение количества вспомогательного технологического, транспортного и грузоподъемного оборудования.

Определение количества вспомогательного технологического, транспортного и грузоподъемного оборудования осуществляется в зависимости от количества единиц основного технологического оборудования и оформляется в виде таблицы.

Пример подбора количества вспомогательного оборудования в смесительно-прессовом отделении

Наименование оборудования	Количество, шт
Основное оборудование	
Смеситель	5
Пресс	5
Вспомогательное, технологическое оборудование	
Весовые дозаторы	11
Ленточный конвейер	16
Протирочное сито	5
Ленточный питатель	5
Ковшевой элеватор	6
Площадочные вагоны	50
Молотковая дробилка	1
Пропеллерная мешалка	1
Граблевая мешалка	1

## 5 ОФОРМЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Графическую часть выполняют на одном листе формата А1 (594x841 мм), в виде разработанной аппаратурно-технологической схемы со всеми элементами, согласно составленной подробной технологической схеме, представленной в пояснительной записке проекта. При этом ориентировочно определяют относительные высоты расположения машин, бункеров и транспортные связи между ними.

При расположении оборудования необходимо руководствоваться следующим:

- все тяжелое оборудование (печи, сушильные барабаны, дробильно-помольное оборудование, пресса) размещают на первом этаже;

- оборудование легкого типа (виброгрохоты и барабанные сита, реверсивные и другие ленточные транспортеры, мешалки для приготовления шликеров, бегунковые и лопастные смесители, накопительные бункера, питатели и дозаторы) устанавливаются в верхних и средних этажах производственных зданий с целью экономии площади застройки и обеспечения транспортирования материалов без дополнительных затрат, используя их силы тяжести;

- изображение отдельных видов оборудования выполняется условно, однако оно должно соответствовать Государственным стандартам, принятым в проектировании, и выполняется в принятой пропорции. Некоторые из них приведены в ПРИЛОЖЕНИИ Е;

- основное технологическое оборудование снабжается соответствующими названиями, помещенными над полочками выносных линий.

К чертежу составляется спецификация, которая подшивается последним листом пояснительной записки.

## 6 СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основные источники:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 18.02.05 Производство тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий.
2. Сулименко Л.М. Общая технология силикатов/ Л.М. Сулименко – М.: ИНФА, 2014. – 336 с.
3. Сулименко Л.М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе: учебник для вузов/ Л.М. Сулименко. – Изд. 4–е, перераб. и доп. – М.: Высшей школой, 2015. – 334 с.
4. Попов Л.Н. Строительные материалы и изделия: учебное пособие / Л.Н. Попов, Н.Л. Попов.– М.: ИНФА, 2015. – 219 с.
5. Севостьянов В.С. Механическое оборудование производства тугоплавких неметаллических и силикатных материалов и изделий / В.С. Севостьянов, В.С. Богданов, Н.Н. Дубинин, В.И. Уральский. – М.: ИНФА, 2015. – 432 с.

### Дополнительные источники:

1. Алимов Л.А. Технология производства неметаллических строительных изделий и конструкций / Л.А. Алимов, В.В. Воронин. – М.: ИНФА, 2005. – 443 с.
2. Айпаретов Г.А. Строительные материалы: учебно-справочное пособие / Г.А. Айпаретов, О.К. Безродный, А.А. Жолобов и др.; под редакцией Г.В. Несветаева. – Изд. 2–е, перераб. и доп. – Ростов – на – Дону: Феникс, 2005. – 608 с.
3. Байсаголов В.Г. Механическое и транспортное оборудование заводов огнеупорной промышленности / В.Г.Байсаголов, П.И.Галкин – М.: Металлургия, 1972.
4. Балашов В.П. Грузоподъемные и транспортирующие машины на заводах строительных материалов / В.П. Балашов– М.: Машиностроение, 1987Бобров Ю.Л. Теплоизоляционные материалы и конструкции: учебник для средних профессионально – технических учебных заведений. Ю.Л. Бобров Е.Г. Овчаренко, Б.М. Шайхет, Е.Ю. Петухова. – М.: ИНФА, 2003. – 286 с.
5. Дудеров И.Г. Общая технология силикатов / И.Г. Дудеров, Г.М. Матвеев, В.Б. Суханова. - М.: Стройиздаг, 1987. - 560 с.
6. Кащеев И.Д. Химическая технология огнеупоров: учебное пособие / И.Д. Калезеев, Н.К. Стрелов, П.С. Мамыкин. – М.: Интернет Инжиниринг, 2007. – 757 с.
7. Кащеев И.Д. Испытание и контроль огнеупоров: учебное пособие / И.Д. Кащеев, К.К. Стрелов. – М.: Интернет Инжиниринг, 2003. – 286 с.
8. Миловский А.В. Минералогия и петрография / А.В. Миловский. - М.: Недра, 1985. - 432 с.

9. Попов К.Н. Строительные материалы и изделия / К.Н. Попов, М.Б. Каддо. - М.: Высшая школа, 2001.- 367 с.
10. Прибытнов И.А. Теоретические основы теплотехники: учебник для студентов учреждений сред. проф. образования / И.А. Прибытнов, И.А. Левнушит. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 464 с.
11. Чаус К.В. Технология производства строительных материалов, изделий и конструкций: учебник для вузов / К.В.Чаус, Ю.Д. Чистов, Ю.В. Лабзина. – М.: Стройиздат, 1988 – 488 с.
12. <http://koapp.narod.ru/russian.htm>
13. <http://www.iqlib.ru/>
14. <http://www.iqlib.ru/>
15. <http://koapp.narod.ru/russian.htm>
16. <http://www.zodchii.ws/>

**Нормы потерь сырья в производстве огнеупорных материалов**

Виды потерь	Показатель, %
<b>ПРОИЗВОДСТВО ШАМОТНЫХ ОГНЕУПОРОВ</b>	
Влажность глины, поступающей на склад	18 – 21
Влажность глины после сушки: на связку на совместный помол	10 – 11 не более 5
Безвозвратные потери глины в виде пыли: при сушке в барабане при обжиге на шамот во вращающихся печах (96% пыли возвращается в производство) при транспортировании глины и шамота	0,5 10 - 12 1,0
Потери шамота при дроблении	0,2
Потери шамота при помоле	0,2
Потери сырья при смешивании	0,2
Влажность при полусухом прессовании	6 – 8
Потери массы при прессовании (95% потерь возвращаются в производство)	5
Брак изделий: при прессовании	0,5 – 1
при сушке (95% потерь возвращается в производство) при обжиге (95% потерь возвращается в производство) на складе готовой продукции	0,5 1,5 0,3
<b>ПРОИЗВОДСТВО ДИНАСОВЫХ ОГНЕУПОРОВ</b>	
Влажность кварцитов, поступающих на склад	0,5
Потери сырья: при хранении на складе и сортировке при дроблении при помоле при расसेве при смешивании	0,5 0,3 0,2 0,2 0,2
Потери массы при прессовании (95% потерь возвращается в производство)	5
Брак изделий: при прессовании (95% потерь возвращается) при сушке (95% потерь возвращается в	1 – 2

производство) при обжиге (95% потерь возвращается в производство) на складе готовой продукции	1 1 0,3
<b>ПРОИЗВОДСТВО ОСНОВНЫХ ОГНЕУПОРОВ</b>	
Влажность сырья, поступающего на склад: магнезит сырой магнезит обожженный хромит	1 0,1 2,0
Потери при обжиге магнезита во вращающихся печах (96% пыли возвращается в производство)	25 – 30
Потери сырья: при хранении на складе и сортировке при транспортировке	0,3 – 0,5 0,3
при дроблении при помоле при расसेве при смешении	0,2 – 0,3 0,2 – 0,3 0,2 0,2
Потери массы при прессовании (95% потерь возвращается в производство)	1
Брак изделий: при прессовании (95% потерь возвращается) при сушке (95% потерь возвращается в производство) при обжиге (95% потерь возвращается в производство) на складе готовой продукции	1 – 2 1 1 0,2
<b>ПРОИЗВОДСТВО ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТЫХ ОГНЕУПОРОВ</b>	
Влажность глины, поступающей на склад	18 – 21
Влажность глины после сушки	8
Безвозвратные потери глины в виде пыли при сушке	0,5
Влажность глинозема	0,2
Потери глинозема при помоле и транспортировке	0,2 – 0,5
Потери сырья при изготовлении брикетов для получения высокоглиноземистого шамота: при смешении массы при обжиге высокоглиноземистого шамота во вращающихся печах (96% пыли	0,2

возвращается в производство) при транспортировке глины и высокоглиноземистого шамота	10 – 12 1
Потери высокоглиноземистого шамота при помоле	0,2
Потери сырья при смешивании	0,2
Влажность массы	4 – 6
Потери массы при прессовании (95% потерь возвращается в производство)	5
Брак изделий: при прессовании (95% потерь возвращается)	1 – 2
при сушке (95% потерь возвращается в производство)	0,5
при обжиге (95% потерь возвращается в производство)	1,5
на складе готовой продукции	0,3
<b>ПРОИЗВОДСТВО КАРБИДКРЕМНИЕВЫХ ОГНЕУПОРОВ</b>	
Влажность глины, поступающей на склад	18 – 21
Влажность после сушки	8
Безвозвратные потери глины в виде пыли при сушке	0,5
Влажность карбидкремниевых порошков	0,1
Потери карбидкремниевых порошков при хранении и транспортировке со склада	0,2 – 0,5
Потери сырья при смешивании	0,2
Влажность массы	8
Потери массы при прессовании (95% потерь возвращается в производство)	5
Брак изделий: при прессовании (95% потерь возвращается)	1 – 2
при сушке (95% потерь возвращается в производство)	0,5
при обжиге (95% потерь возвращается в производство)	1,5
на складе готовой продукции	0,3

**Нормы потерь сырья в производстве огнеупоров**

Показатели	Производство динасовых изделий	Производство шамотных изделий		Производство основных огнеупоров			Примечания
		глина	шамот	магнетит сырой	магнетит обожженный	хромит	
1	2	3	4	5	6	7	8
Потери при прокаливании сырья, %	По данным раздела «Обоснование выбора и характеристика сырьевых материалов»						Потери при прокаливании сульфидно-спиртовой барды 75 -80%
Влажность сырья, %	0,5	18 - 21	0,2	1,0	0,1	2,0	
Потери сырья при хранении на складе и сортировке	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,3	
Потери сырья при транспортировке	0,3	0,3	0,3	-	0,3	0,3	
Потери сырья при сушке	-	-	-	-	-	0,1	
Потери сырья при помоле	0,2	0,2	0,2	-	0,2	0,2	
Потери сырья при рассеве	0,2	0,2	0,2	-	0,2	-	
Потери сырья при смешивании	0,2	0,2	0,2	-	0,2	0,2	
Влажность массы после смешивания	По данным раздела «Выбор и обоснование способа производства»						

Нормы брака и отходов при прессовании	5,0	5,0	0,3	-	1,0	-	95% потерь возвращаются в производство
Нормы брака отходов при сушке и обжиге	1,0	1,0	1,0	-	1,0	-	Так же
Нормы брака отходов на складе готовой продукции	0,3	0,1	0,2	-	0,2	-	
Степень улавливания пыли:							
пылевыми камерами	-	5-10	-	5	-	-	В зависимости от размеров печи и типа установки
электрофильтрами	-	96	-	96	-	-	
Потери при прокаливании пыли	-	2,5-4	-	15	-	-	

**Нормы запасов материалов в бункерах**

<b>Место установки бункера</b>	<b>Запас, час</b>
Приемные бункера на складе сырья	2
Бункера непластичного сырья перед вращающимися печами	8
Бункера глины после сушильных барабанов	8
Бункера непластичного сырья перед дробильными агрегатами	3
Бункера непластичного сырья перед помольными агрегатами	8
Бункера шихтовочных отделений	24
Бункера смесительно-прессовых отделений	24

**Свойства кусковых и порошкообразных материалов**

<b>Сырье</b>	<b>Влажность, %</b>	<b>ППП, %</b>	<b>Насыпная плотность, кг/м<sup>3</sup></b>
Древесные опилки	40-50	98	200 – 400
Торф			600
Зола-унос			900
Шлак котельный			700 – 1000
Дегидратированная глина			1000 – 1100
Шлак металлургический			1300 – 1500
Песок сухой			1300 – 1400
Песок влажный			1500
Супесь			1600
Легкий лессовидный суглинок			1600
Тяжелый суглинок			1700
Жирная мягкая глина			1800
Сухой лесс			1800
Тяжелая ломовая глина			1950
Сланцевая глина			2000
Зола из отвалов			1600
Глина, каолин сырые	20-23	8-15	1300-1500
Глина, каолин сухие	5-14	8-15	800-1300
Кварцит молотый	1-3	0,2-0,4	900-1600
Кварцит тонкомолотый	1-3	0,2-0,4	800-1200
Магнезит сырой кусковой	2	50	1500-1800
Магнезитовый порошок	0-0,5	0,6	1400-1800
Доломит сырой кусковой	3	45	1500-1800
Доломитовый порошок	0-0,5	1	1400-1800
Дунит сырой кусковой	3	1-13	1500-1900
Дунитовый порошок	1,5	0,5	2000
Хромит сырой кусковой	4-6	0,5-2	2800-3100
Хромитовый порошок	1-1,5	0,5	1900-2300
Шамот молотый	0,2-0,8	0,5	1200-1600
Боксит кусковой	2	15-20	2000
Технический глинозем	0,8-1	0-1,5	500-1100
Электрокорунд	1,5-3	1,5-3,5	2000
Кварцевый песок	5-15	0-4	1200-1300
Перлитовый песок	0,5	0,3	70
Концентрат цирконовый	0,5	1	3000
Карбидкремневый порошок	0,5	0,5	1400-1500
Периклазовый порошок	0,5	0,5	2000-2300
Полевой шпат кусковой	2	0,3	1600-1700
Полевошпатовый порошок	2	0,3	1300
Пиритные огарки	0,5	0,5	1700
Коксик каменноугольный	0,5-8	90	1100
Известь гашеная (молоко)		25	2200
ЛСТ (жидкий)		80	1300
Глиняная суспензия (шликер)			1200
Графит	1-3	95	1100

**Пример расчета материального баланса производства динасовых изделий**

Исходные данные:

Производительность - 65000 т/год

Влажность массы – 6 %

Влажность сырца после сушки - 1%

Брак прессования – 1 % (полностью возвращается в производство)

Брак сушки и обжига – 2 % (полностью возвращается в производство)

Влажность кварцита – 1 %

ППП кварцита -0,2 %

ППП ЛСТ- 80 %

ППП Ca (OH)<sub>2</sub> – 25 %

ППП Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 14 %

Потери кварцита - 0.5 %

Содержание добавок в массе: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 1.7 %

CaO-2,6 %

ЛСТ-0.7 %

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> -2 %

Состав шихты: кварцит- 100 %

Пересчитываем количество добавок с учетом их содержания в Ca (OH)<sub>2</sub>, пиритных огарках и глине CaO+H<sub>2</sub>O→Ca(OH)<sub>2</sub>

Количество Ca (OH)<sub>2</sub>:  $\frac{2,6 \times 74}{56} = 3,44 \%$

Количество огарков:  $\frac{1,7 \times 160}{79} = 3,44 \%$

где 79 - содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в пиритных огарках и огнеупорной глине, %

Количество глины:  $\frac{2 \times 102}{30} = 6,8 \%$

где 30 – содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в огнеупорной глине, %

Всего добавок в массе: 3,44+3,44+0,7+6,8=14,38 %

1. Выходит изделий из печи с учетом брака сушки и обжига:

$$\frac{65000 \times 100}{100 - 2} = 66326 \text{ т/год}$$

2. Брак сушки и обжига

$$66326 - 65000 = 1326 \text{ т/год}$$

3. Поступает изделий в обжиг по абсолютно-сухому весу с учетом ППП.

Пересчитываем состав массы на 100 %

$$\begin{array}{l} \text{кварцита } \frac{100 \times 100}{114,38} = 87,43 \% \quad \text{Ca (OH)}_2 \frac{3,44 \times 100}{114,38} = 3,01 \% \\ \text{ЛСТ } \frac{0,7 \times 100}{114,38} = 0,61 \% \quad \text{огарки } \frac{3,44 \times 100}{114,38} = 3,01 \% \quad \text{глина } \frac{6,8 \times 100}{114,38} = 5,95 \% \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{ППП массы} &= \frac{87,43 \times 0,2}{100} + \frac{3,01 \times 25}{100} + \frac{0,61 \times 80}{100} + \frac{5,95 \times 14}{100} = 2,25 \% \\ &\frac{66326 \times 100}{100 - 2,25} = 67852,7 \text{ т/год} \end{aligned}$$

4. Потери при прокаливании в туннельной печи

$$67852,7 - 66326 = 1526,7 \text{ т/год}$$

5. Поступает изделий в обжиг по фактическому весу:

$$\frac{67852,7 \times 100}{100 - 1} = 68538,1 \text{ т/год}$$

6. Испаряется воды в туннельной печи

$$68538,1 - 67852,7 = 685,4 \text{ т/год}$$

7. Поступает сырца в сушила

$$\frac{68538,1 \times (100 - 1)}{100 - 6} = 72183,7 \text{ т/год}$$

8. Испаряется воды в сушиле

$$72183,7 - 68538,1 = 3645,6 \text{ т/год}$$

9. Прессуется изделий по фактическому весу с учетом брака прессования:

$$\frac{72183,7 \times 100}{100 - 1} = 72912,8 \text{ т/год}$$

10. Брак прессования

$$72912,8 - 72183,7 = 729,1 \text{ т/год}$$

11. Потребуется технологической воды

$$72912,8 - \left( \frac{67852,7 \times 87,43}{100 - 1} + \frac{67852,7 \times 14,38}{100} \right) = 3232,8 \text{ т/год}$$

Потребуется воды с 10% запасом

$$3232,8 + \frac{3232,8 \times 10}{100} = 3556,08 \text{ т/год}$$

Потери воды

$$3556,08 - 3232,8 = 323,28 \text{ т/год}$$

12. Потребуется ЛСТ по абсолютно-сухому весу

$$\frac{67852,7 \times 0,7}{100} = 474,97 \text{ т/год}$$

13. Количество золы ЛСТ

$$\frac{474,97 \times 20}{100} = 97,99 \text{ т/год}$$

14. Потребуется извести

$$\frac{67852,7 \times 3,44}{100} = 2334,1 \text{ т/год}$$

15. Потребуется огарков

$$\frac{67852,7 \times 3,44}{100} = 2334,1 \text{ т/год}$$

16. Потребуется глины

$$\frac{67852,7 \times 6,8}{100} = 4613,98 \text{ т/год}$$

17. Потребуется кварцита

$$\frac{67852,7 \times 87,43}{100} = 59323,6 \text{ т/год}$$

18. Потребуется кварцита с учетом золы ЛСТ и возврата брака обжига

$$59323,6 - 97,99 - 1326 = 57899,61 \text{ т/год}$$

19. Потребуется кварцита с учетом его влажности

$$\frac{57899,61 \times 100}{100 - 1} = 58484,45 \text{ т/год}$$

20. Потребуется кварцита с учетом его потерь

$$\frac{58484,45 \times 100}{100 - 0,5} = 58778,34 \text{ т/год}$$

21. Потери кварцита

$$58778,34 - 58484,45 = 293,89 \text{ т/год}$$

#### Сводная таблица материального баланса

Статьи расхода	т/год	Статьи прихода	т/год
1. Кварцит	58778,34	1. Готовая продукция	65000
2. Пиритные огарки	2334,1	2. ППП в туннельной печи	1526,7
3. ЛСТ	474,97	3. Испоряется воды в сушиле	3645,6
4. Известь	2334,1	4. Испоряется воды в	
5. Глина	4613,98	туннельной печи	685,4
6. Технологическая вода	3556,08	5. Потери кварцита	293,89
		6. Потери воды	323,28
Итого	72091,57	Итого	71474,87

$$\text{Невязка баланса} \frac{72091,57 - 71474,87}{72091,57} \times 100 = 0,86 \%$$

## 2 Пример расчета материального баланса производства шамотного мертеля МШ-39

Производительность – 70000 т/год.

Состав:

Шамот – 78 %.

Глина – 22%.

Добавки- 0,92 % сверх 100% в т.ч.

Сода кальцинированная –21%. (от количества добавок)

ЛСТ -14%.

Бентонит- 65%.

Безвозвратные потери шамота:	1,5
Безвозвратные потери глины:	1,5
Безвозвратные потери пыли:	1,5
Безвозвратные потери мертеля:	1,5
Влажность шамота:	1,5
Влажность глины начальная:	21,6
Влажность глины конечная:	6
Влажность пыли:	5
Пылеуносиз вращающейся печи:	5,5
Возврат пыли из вращающейся печи:	95
Пылеуносиз сушильного барабана:	1,5
Возврат из сушильного барабана:	95
П.П.П.	18

Перерасчет: содержание компонентов со 100,92 % на 100%.

Шамот:

$$\frac{100,92-100\%}{78-x}; X = \frac{78 \cdot 100\%}{100,92} = 77,28\%$$

Глина:

$$\frac{100,92-100\%}{22-x}; X = \frac{22 \cdot 100}{100,92} = 21,79\%$$

Сода кальцинированная:

$$\frac{0,21 - 1\%}{X - 0,92}; X = \frac{0,21 \cdot 0,92}{1} = 0,19\%$$

ЛСТ:

$$\frac{0,14 - 1}{X - 0,92}; X = \frac{0,14 \cdot 0,92}{1} = 0,12\%$$

Бентонит:

$$\frac{0,65 - 1}{X - 0,92}; X = \frac{0,65 \cdot 0,92}{1} = 0,59\%$$

1. Необходимое количество мертеля с учетом потерь:

$$\frac{70000 \cdot 100}{100 - 1,5} = 71065,98 \text{ Т/год}$$

2. Потери мертеля:

$$71065,98 - 70000 = 1065,98 \text{ Т/год}$$

3. Потребуется глины для составления шихты:

$$\frac{71065,98 \cdot 21,79}{100} = 15491,67 \text{ Т/год}$$

4. Потребуется шамота для составления шихты:

$$\frac{71065,98 \cdot 77,28}{100} = 54926,19 \text{ Т/год}$$

5. Потребуется соды для составления пластификатора.

$$\frac{71065,98 \cdot 0,19}{100} = 137,15 \text{ Т/год}$$

6. Потребуется ЛСТ для составления пластификатора:

$$\frac{71065,98 \cdot 0,12}{100} = 90,96 \text{ Т/год}$$

7. Потребуется бентонита для составления пластификатора:

$$\frac{71065,98 \cdot 0,59}{100} = 424,97 \text{ Т/год}$$

8. Потребуется глины на сушку с учетом влажности, без учета потерь:

$$\frac{15491,67 \cdot (100 - 6)}{100 - 21,6} = 18574,2 \text{ Т/год}$$

9. Потребуется глины с учетом уноса пыли:

$$\frac{18574,2 \cdot 100}{100 - 1,5} = 18857,05 \text{ Т/год}$$

10. Уносится пыли из сушильного барабана:

$$18857,05 - 18574,2 = 282,8 \text{ т/год}$$

11. Испаряется воды из глины в сушильном барабане:

$$\frac{18574,2 \cdot (21,6 - 6)}{100 - 10} = 3219,52 \text{ Т/год}$$

12. Возврат пыли в производство:

$$\frac{282,85 \cdot 95}{100} = 268,71 \text{ Т/год}$$

13. Потребуется глины на сушку с учетом возврата пыли:

$$18857,05 - 268,71 = 18588,34 \text{ т/ год}$$

14. Безвозвратные потери пыли глины:

$$282,85 - 268,71 = 14,13 \text{ т/ год}$$

15. Выходит шамота из печи с учетом механических потерь:

$$\frac{54926,19 \cdot 100}{100 - 1,5} = 55762,63 \text{ Т/год}$$

16. Безвозвратные потери шамота:

$$55762,63 - 54926,19 = 836,43 \text{ т/ год}$$

17. Поступает глины в печь по абсолютно сухому весу с учетом уноса пыли:

$$\frac{55762,63 \cdot 100}{100 - 5,5} = 59008,07 \text{ Т/год}$$

18. Уносится пыли из печи:

$$59008,07 - 55762,63 = 3245,44 \text{ т/ год}$$

19. Возврат пыли в производство:

$$\frac{3245,44 \cdot 95}{100} = 3083,17 \text{ Т/год}$$

20. Безвозвратные потери пыли:

$$3245,44 - 3083,17 = 162,27 \text{ т/ год}$$

21. Поступает глины в печь с учетом возврата пыли:

$$59008,07 - 3083,17 = 55924,90 \text{ т/ год}$$

22. Поступает глины в печь с учетом ППП:

$$\frac{55924,90 \cdot 100}{100 - 18} = 68201,10 \text{ Т/год}$$

23. ППП в печи:

$$68201,10 - 55924,90 = 12276,19 \text{ т/ год}$$

24. Поступает глины в печь с учетом влажности:

$$\frac{68201,10 \cdot 100}{100 - 21,6} = 86991,20 \text{ Т/год}$$

25. Испаряется воды в печи:

$$86991,20 - 68201,10 = 18790,09 \text{ т/ год.}$$

Таблица 3.1 - Материальный баланс производства шамотного мертеля МШ-39

Приход	т/год	Расход	т/год
Потребуется глины на связку	18857,05	Готовая продукция	70000,00
		Б/в потери мертеля	1065,98
		Б/в потери пыли глины из суш. барабана	14,13
Потребуется глины на шамот	86991,20	Б/в пыли из печи	162,27
		Б/в потери шамота	836,43
		Испаряется воды при сушке глины	3219,52
Потребуется соды	137,15	Испаряется воды при обжиге	18790,09
Потребуется ЛСТ	90,96	ППП в печи	12276,19
Потребуется бентонита	424,97	Всего:	106364,66
Всего:	106501,35		

Невязка:

$$H = \frac{П-Р}{П} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

$$H = \frac{106501,35 - 106364,66}{106501,35} \cdot 100\% = 0,12 \text{ Т/год}$$

### 3 Пример расчета материального баланса производства шамотных ковшевых изделий марки ШКУ-37

Исходные данные для расчета:

1. Производительность-100000 т/год;
2. Состав шихты-68% шамота+32% глины связки;
3. Влажность глины на складе-23%;
4. Влажность глины связки-11%;
5. Влажность массы-5;
6. П.П.П. глины на шамот-20%;
7. П.П.П. глины на связку-14%;
8. Влажность изделий после сушки-2%;
9. Безвозвратные потери шамота при транспортировке-0,1%;
10. Потери массы при прессовании-0,2%;
11. Унос пыли из вращающейся печи-10%(возвращается в производство-95%);
12. Унос пыли из сушильного барабана-1,5%;
13. Брак сушки и обжига-2%(возвращается в производство-90%);
14. Возврат брака прессования в производство-100%;
15. Потери воды-10%(технологическая).

Статьи:

1. Выходит изделий из печи с учетом брака сушки и обжига

$$\frac{100000,000 \cdot 100,000}{100,000 - 2,000} = 102040,816 \text{ т/год}$$

2. Количество брака сушки и обжига

$$102040,816 - 100000,000 = 2040,816 \text{ т/год}$$

3. Возвращается брака сушки и обжига

$$\frac{2040,816 \cdot 90,000}{100,000} = 1836,734 \text{ т/год}$$

- 4 Безвозвратный брак сушки и обжига

$$2040,816 - 1836,734 = 204,082 \text{ т/год}$$

5. Поступает в печь изделий с учетом ППП глины связки и содержание ее в изделиях

$$\text{ППП изд.} = \frac{14,00 \cdot 32,00}{100,00} = 4,48 \%$$

$$\frac{102040,816 \cdot 100,000}{100,000 - 4,48} = 106826,649 \text{ т/год}$$

6. Потери при прокаливании в туннельной печи

$$106826,649 - 102040,816 = 4785,833 \text{ т/год}$$

7. Поступает изделий в печь с учетом их влажности

$$\frac{106826,649 \cdot 100,000}{100,000 - 2,000} = 109006,784 \text{ т/год}$$

8. Испаряется воды в печи

$$109006,784 - 106826,649 = 2180,135 \text{ т/год}$$

9. Поступает сырца в сушило

$$\frac{109006,784 \cdot (100,000 - 2,000)}{100,000 - 5,000} = 112449,103 \text{ т/год}$$

10. Испаряется воды в сушиле

$$112449,103 - 109006,784 = 3442,319 \text{ т/год}$$

11. Потребуется массы с учетом потерь при прессовании

$$\frac{112449,103 \cdot 100,000}{100,000 - 0,200} = 112674,451 \text{ т/год}$$

12. Потери массы при прессовании

$$112674,451 - 112449,103 = 225,348 \text{ т/год}$$

13. Потребуется воды для увлажнения массы

$$W_{\text{шихты}} = \frac{11,00 \cdot 32,00}{100,00} = 3,52 \%$$

$$\frac{112674,451 \cdot (5,000 - 3,520)}{100,000 - 3,520} = 1728,422 \text{ т/год}$$

14. Количество воды с учетом их потерь

$$1728,422 + \frac{1728,422 \cdot 10,000}{100,000} = 1901,264 \text{ т/год}$$

15. Потери воды

$$1901,264 - 1728,422 = 172,842 \text{ т/год}$$

16. Потребуется сухой шихты

$$112674,451 - 1728,422 = 110964,029 \text{ т/год}$$

17. Потребуется глины связки для приготовления шихты

$$\frac{110964,029 \cdot 32,000}{100,000} = 35502,729 \text{ т/год}$$

18. Потребуется шамота для составления шихты

$$\frac{110964,029 \cdot 68,000}{100,000} = 75443,299 \text{ т/год}$$

19. Подается глины на сушку без учета потерь

$$\frac{35502,729 \cdot (100,000 - 11,000)}{100,000 - 23,000} = 41035,621 \text{ т/год}$$

20. Подается глины на сушку с учетом пыли

$$\frac{41035,621 \cdot 100,000}{100,000 - 1,500} = 41660,528 \text{ т/год}$$

21. Уносится пыли из сушильного барабана

$$41660,528 - 41035,621 = 624,907 \text{ т/год}$$

22. Испаряется воды в сушильном барабане

$$\frac{41035,621 \cdot (23,000 - 11,000)}{100,000 - 11,000} = 5532,892 \text{ т/год}$$

23. Выходит шамота из вращающейся печи с учетом транспортировки

$$\frac{75443,299 \cdot 100,000}{100,000 - 0,100} = 75518,817 \text{ т/год}$$

24. Потери шамота

$$75518,817 - 75443,299 = 75,518 \text{ т/год}$$

25. Выходит шамота из вращающейся печи с учетом возврата брака сушки и обжига

$$75518,817 - 1836,734 = 73682,083 \text{ т/год}$$

26. Поступает глины в печь по абсолютно-сухому весу с учетом уноса пыли

$$\frac{73682,083 \cdot 100,000}{100,000 - 10,000} = 81868,981 \text{ т/год}$$

27. Уносится пыли из печи

$$81868,981 - 73682,083 = 8186,898 \text{ т/год}$$

28. Возвращается пыли в производство

$$\frac{8186,898 \cdot 95,000}{100,000} = 7777,553 \text{ т/год}$$

29. Потери пыли

$$8186,898 - 7777,553 = 409,345 \text{ т/год}$$

30. Поступает глины в печь с учетом возврата пыли

$$81868,981 - 7777,553 = 74091,428 \text{ т/год}$$

31. Поступает глины в печь

$$\frac{74091,428 \cdot 100,000}{100,000 - 20,000} = 85162,560 \text{ т/год}$$

32. ППП в печи

$$85162,560 - 74091,428 = 11071,132 \text{ т/год}$$

33. Поступает глины в печь с учетом влажности

$$\frac{85162,560 \cdot 100,000}{100,000 - 23,000} = 110600,727 \text{ т/год}$$

34. Испаряется вода во вращающейся печи

$$110600,727 - 85162,560 = 25438,167 \text{ т/год}$$

Сводим все статьи материального баланса в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Сводная таблица материального баланса

Приход	т/год	Расход	т/год
Глина связку	41660,528	Готовая продукция	100000,000
Глина на шамот	110600,727	Потери пыли во вращающейся печи	409,345
Технологическая вода	1901,264	Брак сушки и обжига	204,082
		Испаряется воды в сушильном барабане	5532,892
		Испаряется воды в туннельной печи	2180,135
		Испаряется воды во вращающейся печи	25438,167
		ППП туннельной печи	4785,833
		ППП вращающейся печи	11071,132
		Потери шамота	75,518
		Унос пыли из сушильного барабана	624,907
		Потери воды	172,842
		Потери массы при прессовании	225,348
		Испаряется воды в туннельной печи	3442,319
Итого:	154162,519	Итого:	154162,519

$$\text{Невязка} = \frac{154162,519 - 154162,519}{154162,519} \cdot 100,000 = 0,000 \%$$

#### 4 Пример расчета материального баланса производства изделий УГЗБМ

Производительность – 45000 т/г.

Состав шихты: щебень – 50,63; цемент – 20,25; песок – 30,38.

Влажность: щебня – 5%; цемента – 3%; песка – 7%; бетонной смеси – 50%.

Потери шихты при смешивании – 5%.

Брак твердения – 8%.

Потери бетонной смеси при формовании – 3%.

Потери воды при пропарке – 50%.

1 Выход изделия из пропарочной камеры с учетом брака:

$$\frac{45000 \cdot 100}{100 - 8} = 48913,04 \text{ т/год}$$

2 Количество брака при твердении:

$$48913,04 - 45000 = 3913,04 \text{ т/год}$$

3 Поступает изделий на пропарку с учетом потерь бетонной смеси при формовании:

$$\frac{48913,04 \cdot 100}{100 - 3} = 50425,81 \text{ т/год}$$

4 Потери бетонной смеси при формовании:

$$50425,81 - 48913,04 = 1512,77 \text{ т/год}$$

5 Потребуется массы с учетом потерь при смешении:

$$\frac{50425,81 \cdot 100}{100 - 5} = 53079,80 \text{ т/год}$$

6 Потери при смешении массы:

$$53079,80 - 50425,81 = 2653,99 \text{ т/год}$$

7 Потери воды для увлажнения массы:

$$W_{\text{смеси}} = \frac{50,63 \cdot 5}{100} + \frac{20,25 \cdot 3}{100} + \frac{30,38 \cdot 7}{100} = 5,23\%$$

$$\frac{53079,80(50 - 5,23)}{100 - 5,23} = 25075,26 \text{ т/год}$$

8 Потребуется шихты (сухой):

$$53079,80 - 25075,26 = 28004,54 \text{ т/год}$$

9 Потребуется песка для составления смеси:

$$\frac{28004,54 \cdot 30,38}{100} = 8507,78 \text{ т/год}$$

10 Потребуется щебня для составления смеси:

$$\frac{28004,54 \cdot 50,63}{100} = 14178,70 \text{ т/год}$$

11 Потребуется цемента для составления смеси:

$$\frac{28004,54 \cdot 20,25}{100} = 5670,92 \text{ т/год}$$

12 Потребуется песка с учетом потерь при транспортировке:

$$\frac{8507,78 \cdot 100}{100 - 0,2} = 8524,83 \text{ т/год}$$

13 Потери песка при транспортировке:

$$8524,83 - 8507,78 = 17,05 \text{ т/год}$$

14 Потребуется щебня с учетом потерь при транспортировке:

$$\frac{14178,70 \cdot 100}{100 - 0,2} = 14207,11 \text{ т/год}$$

15 Потери щебня при транспортировке:

$$14207,11 - 14178,70 = 28,41 \text{ т/год}$$

16 Потребуется цемента с учетом потерь при транспортировке:

$$\frac{5670,92 \cdot 100}{100 - 0,2} = 5682,28 \text{ т/год}$$

17 Потери цемента при транспортировке:

$$5682,28 - 5670,92 = 11,36 \text{ т/год}$$

Итоги расчета материального баланса производства УГЗБМ приведены в сводной таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Сводная таблица материального баланса

Статьи прихода	т/год	Статьи расхода	т/год
Техническая вода	25075,26	Готовая продукция	45000,00
Песок	8524,83	Количество брака при твердении	3913,04
Щебень	14207,11	Потери при смешении	2653,99
Цемент	5682,28	Потери при формовании	1512,77
		Потери песка при транспортировке	17,05
		Потери щебня при транспортировке	28,41
		Потери цемента при транспортировке	11,36
		Невязка	2,00
Итого	53489,48		53138,62

$$\text{Невязка} = \frac{(\sum П - \sum Р) 100}{\sum П}, \% \quad (3.1)$$

$$\frac{(53489,48 - 53138,62) 100}{53489,48} = 0,66\%$$

## 5 Пример расчета материального баланса производства портландцемента

Исходные данные:	
Производительность	350000
Состав цемента:	
Клинкер	67%
Гипс	5%
Трепел+шлак	28%
Потери при транспортировке всех компонентов	0,5%
Потери при помоле с пылью	2%
Потери цемента при упаковке	3%
Влажность клинкера	2,5%
Влажность шлака	20,1%
Влажность огарков	17,2%
Влажность гипса	7,0%
Влажность трепела	39,3%
ППП клинкера	42,1%
ППП глины	8,7%
ППП огарков	4,15%
Состав портландцементной смеси:	
Клинкер	72%
Шлак	26%
Огарки	2%
Возврат пыли в производство	93%
Влажность сырьевой смеси	37%

Влажность сырьевой смеси без технологической воды определяем по формуле:

$$W_{cc} = W_{изв} \cdot \%_{изв} + W_{гл} \cdot \%_{гл} + W_{ог} \cdot \%_{ог}, \%$$

Где  $w_{изв}$  – влажность известняка = 2,5%;

$\%_{изв}$  – процент известняка = 0,72%;

$W_{гл}$  – влажность глины = 20,1%;

$\%_{гл}$  – процент глины = 0,26%;

$W_{ог}$  – влажность огарков = 17,2%;

$\%_{ог}$  – процент огарков = 0,02%

$$W_{cc} = 2,5 \cdot 0,72 + 20,1 \cdot 0,26 + 17,2 \cdot 0,02 = 7,37\%$$

Потери при прокаливании компонентов сырьевой смеси определяем по формуле:

$$\text{ППП}_{\text{ксс}} = \text{ППП}_{\text{изв}} \cdot \%_{\text{изв}} + \text{ППП}_{\text{гл}} \cdot \%_{\text{гл}} + \text{ППП}_{\text{ог}} \cdot \%_{\text{ог}}; \%$$

Где  $\text{ППП}_{\text{изв}}$  – потери при прокаливании известняка = 42,1%;

$\%_{\text{изв}}$  – процент известняка = 0,72%;

$\text{ППП}_{\text{гл}}$  – потери при прокаливании глины = 8,7%;

$\%_{\text{гл}}$  – процент глины = 0,26%;

$\text{ППП}_{\text{ог}}$  – потери при прокаливании огарков = 4,15%;

$\%_{\text{ог}}$  – процент огарков = 0,02%

$$\text{ППП}_{\text{ксс}} = 42,1 \cdot 0,72 + 8,7 \cdot 0,26 + 4,15 \cdot 0,02 = 32,65\%$$

- 1) Выходит цемента с учетом потерь при упаковке:

$$\frac{350000 \cdot 100}{100 - 3} = 360825 \text{ т / год}$$

- 2) Потери при упаковке:

$$360825 - 350000 = 10825 \text{ т / год}$$

- 3) Выходит цемента с учетом потерь при транспортировке:

$$\frac{360825 \cdot 100}{100 - 0,5} = 362638 \text{ т / год}$$

- 4) Потери при транспортировке:

$$362638 - 360825 = 1813 \text{ т / год}$$

- 5) Выходит цемента с учетом потерь с пылью при помоле:

$$\frac{362638 \cdot 100}{100 - 2} = 370039 \text{ т / год}$$

- 6) Потери с пылью:

$$370039 - 362638 = 7401 \text{ т / год}$$

- 7) Выход клинкера в составе цемента по абсолютно-сухому весу:

$$\frac{370039 \cdot 89}{100} = 329334 \text{ т / год}$$

8) Выход гипса в составе цемента по абсолютно-сухому весу:

$$\frac{370039 \cdot 5}{100} = 18502 \text{ т / год}$$

9) Выход трепела в составе цемента по абсолютно-сухому весу:

$$\frac{370039 \cdot 28}{100} = 103611 \text{ т / год}$$

10) Поступает в печь сырьевой смеси с учетом ППП по абсолютно-сухому весу:

$$\frac{329334 \cdot 100}{100 - 32,65} = 488990 \text{ т / год}$$

11) Поступает в печь сырьевой смеси с учетом ее влажности:

$$\frac{488990 \cdot 100}{100 - 37} = 776174 \text{ т / год}$$

12) Потребуется воды для приготовления сырьевой смеси:

$$\frac{776174 \cdot (37 - 7,37)}{100 - 7,37} = 248278 \text{ т / год}$$

13) Потребуется воды с запасом:

$$248278 + \frac{248278 \cdot 10}{100} = 273106 \text{ т / год}$$

14) Потери воды:

$$273106 - 248278 = 24828 \text{ т / год}$$

15) Поступает в печь сырьевой смеси по воздушно-сухому весу:

$$\frac{488990 \cdot 100}{100 - 7,37} = 527895 \text{ т / год}$$

16) Потребуется известняка:

$$\frac{527895 \cdot 72}{100} = 380085 \text{ т / год}$$

17) Потребуется шлака:

$$\frac{527895 \cdot 26}{100} = 137253 \text{ т / год}$$

18) Потребуется огарков:

$$\frac{527895 \cdot 2}{100} = 10558 \text{ т / год}$$

19) Потребуется известняка с учетом потерь при транспортировке:

$$\frac{380085 \cdot 100}{100 - 0,5} = 381995 \text{ т / год}$$

20) Потери известняка при транспортировке:

$$381995 - 380085 = 1910 \text{ т / год}$$

21) Потребуется шлака с учетом потерь при транспортировке:

$$\frac{137253 \cdot 100}{100 - 0,5} = 137943 \text{ т / год}$$

22) Потребуется шлака при транспортировке:

$$137943 - 137253 = 690 \text{ т / год}$$

23) Потребуется огарков с учетом потерь при транспортировке:

$$\frac{10558 \cdot 100}{100 - 0,5} = 10611 \text{ т / год}$$

24) Потери огарков при транспортировке:

$$10611 - 1055 = 53 \text{ т / год}$$

25) Испаряется воды в печи:

$$776174 - 488990 = 287184 \text{ т / год}$$

26) Потери при прокаливании в печи:

$$488990 - 329334 = 159655 \text{ т/год}$$

27) Потребуется гипса с учетом его влажности:

$$\frac{18502 \cdot 100}{100 - 7} = 19895 \text{ т/год}$$

28) Испаряется воды при сушке гипса:

$$19895 - 18502 = 1393 \text{ т/год}$$

29) Потребуется трепела с учетом его влажности:

$$\frac{103611 \cdot 100}{100 - 39,3} = 170693 \text{ т/год}$$

30) Испаряется воды при сушке трепела:

$$170693 - 103611 = 67082 \text{ т/год}$$

31) Потребуется гипса с учетом его потерь при транспортировке:

$$\frac{19895 \cdot 100}{100 - 0,5} = 19995 \text{ т/год}$$

32) Потери гипса при транспортировке:

$$19995 - 19895 = 100 \text{ т/год}$$

33) Потребуется трепела с учетом его потерь при транспортировке:

$$\frac{170693 \cdot 100}{100 - 0,5} = 171551 \text{ т/год}$$

34) Потери трепела при транспортировке:

$$171551 - 170693 = 858 \text{ т/год}$$

Таблица 1– Сводная таблица материального баланса

Статьи прихода	т/год	Статьи расхода	т/год
Потребуется известняка с учетом потерь при транспортировке	381995	Производительность	350000
Потребуется глины с учетом потерь при транспортировке	137943	Потери при упаковке	10825
Потребуется огарков с учетом потерь при транспортировке	10611	Потери при транспортировке цемента	1813
Потребуется воды с запасом	273106	Потери с пылью	7401
Потребуется гипса с учетом потерь при транспортировке	19995	Потери при транспортировке известняка	1910
Потребуется трепела с учетом потерь при транспортировке	171551	Потери при транспортировке шлака	690
ИТОГО:	995200	Потери при транспортировке огарков	53
		Потери при транспортировке гипса	100
		Потери при транспортировке трепела	858
		Потери воды	24828
		Испаряется воды в печи	287184
		Сушка трепела при испарении воды	67082
		Испаряется воды при сушке гипса	1393
		Потери при прокаливании в печи	159655
		ИТГОГО:	913792

Невязка баланса:

$$\frac{829339-829339}{829339} \cdot 100\% = 0\%$$

## 6 Пример расчета материального баланса производства шамотных ультралегковесных изделий с кажущейся плотностью 0,4 г/м<sup>3</sup>

Исходные данные	
Производительность	1100,0 т/год
Состав шихты:	
Глина	52,0 %
Глинозем	35,0 %
Перлит	13,0 %
Смола	7,0%
Влажность глины на складе	15,0 %
Влажность глинозема	0,5 %
Влажность перлита	0,5 %
Влажность глины после сушки	12,0 %
Влажность массы	51,0 %
ППП глины	12,0 %
ППП глинозема	0,2 %
ППП перлита	0,3 %
ППП смолы	99,9%
ППП изделий	0,3 %
Влажность изделий после сушки	1,0 %
Безвозвратные потери при транспортировке	0,2 %
Безвозвратные потери при формировании	0,2 %
Унос пыли из сушильного барабана при сушке глины	1,5 %
Брак сушки	0,7 %
Брак обжига	3,5 %

1 Выходит изделий из туннельной печи с учетом брака обжига:

$$\frac{1100 \cdot 100}{100 - 3,5} = 1139,9 \text{ т/год}$$

2 Количество брака обжига:

$$1139,9 - 1100 = 39,9 \text{ т/год}$$

3 Поступает в печь с учетом ППП изделий:

$$\frac{1139,9 \cdot 100}{100 - 0,3} = 1143,32 \text{ т/год}$$

4 ППП изделий в туннельной печи:

$$1143,32 - 1139,9 = 3,42 \text{ т/год}$$

5 Поступает в печь изделий с учетом ППП массы:

Глина

$$\frac{52 \cdot 100}{107} = 48,6\%$$

Глинозем

$$\frac{35 \cdot 100}{107} = 32,71\%$$

Перлит

$$\frac{13 \cdot 100}{107} = 12,15\%$$

Смола

$$\frac{7 \cdot 100}{107} = 6,54\%$$

Итого: 100%

6 ППП массы

$$\frac{48,6 \cdot 12}{100} + \frac{32,71 \cdot 0,2}{100} + \frac{12,15 \cdot 0,3}{100} + \frac{6,54 \cdot 99,9}{100} = 12,43\%$$

$$\frac{1143,32 \cdot (100 - 0,3)}{100 - 12,43} = 1301,7 \text{ т/год}$$

7 ППП массы:

$$1301,7 - 1143,32 = 158,4 \text{ т/год}$$

8 Поступает сырца в печь с учетом их влажности:

$$\frac{1301,7 \cdot 100}{100 - 1} = 1314,8 \text{ т/год}$$

9 Испаряется воды в туннельной печи:

$$1314,8 - 1301,7 = 13,1 \text{ т/год}$$

10 Поступает сырец в туннельное сушило с учетом влажности изделий без учета потерь:

$$\frac{1314,8 \cdot (100 - 1)}{100 - 51} = 2656,4 \text{ т/год}$$

11 Испаряется воды в сушиле:

$$2656,4 - 1314,8 = 1341,6 \text{ т/год}$$

12 Поступает сырец в туннельное сушило с учетом брака сушки:

$$\frac{2656,4 \cdot 100}{100 - 0,7} = 2675,1 \text{ т/год}$$

13 Количество брака сушки:

$$2675,1 - 2656,4 = 18,7 \text{ т/год}$$

14 Поступает сырец в туннельное сушило с учетом потерь при транспортировке:

$$2675,1 - 2656,4 = 18,7 \text{ т/год}$$

15 Производительность мешалки с учетом потерь при формовании:

$$\frac{2675,1 \cdot 100}{100 - 0,2} = 2680,5 \text{ т/год}$$

16 Потери при формовании

$$2680,5 - 2675,1 = 5,4 \text{ т/год}$$

17 Потребуется воды для составление шихты:

$$W_{\text{шихты}} = \frac{12 \cdot 51}{100} + \frac{0,5 \cdot 51}{100} + \frac{0,5 \cdot 51}{100} = 6,64\%$$

$$\frac{2680,5 \cdot (51 - 6,64)}{100 - 6,64} = 1273,6 \text{ т/год}$$

18 Вода берется с 10% запасом:

$$1273,6 + \frac{1273,6 \cdot 10}{100} = 1401,0 \text{ т/год}$$

19 Вес сухой шихты:

$$2680,5 - 1401,0 = 1279,5 \text{ т/год}$$

20 Потребуется компонентов для составления шихты:

Глина

$$\frac{1279,5 \cdot 48,6}{100} = 621,8 \text{ т/год}$$

Глинозем

$$\frac{1279,5 \cdot 32,71}{100} = 418,5 \text{ т/год}$$

Перлит

Смола

$$\frac{1279,5 \cdot 12,15}{100} = 155,5 \text{ т/год}$$

$$\frac{1279,5 \cdot 6,54}{100} = 83,7 \text{ т/год}$$

21 Подается глина в сушильный барабан с учетом уноса пыли:

$$\frac{621,8 \cdot (100 - 12)}{100 - 15} = 643,7 \text{ т/год}$$

22 Испаряется воды в сушильном барабане:

$$643,7 - 621,8 = 21,9 \text{ т/год}$$

23 Подается глины в сушильный барабан с учетом уноса пыли:

$$\frac{643,7 \cdot 100}{100 - 1,5} = 653,5 \text{ т/год}$$

24 Унос пыли из сушильного барабана:

$$653,5 - 643,7 = 9,8 \text{ т/год}$$

25 Потребуется глинозема с учетом его влаги:

$$\frac{418,5 \cdot 100}{100 - 0,5} = 420,6 \text{ т/год}$$

26 Потери влаги глинозема:

$$420,6 - 418,5 = 2,1 \text{ т/год}$$

27 Потребуется перлита с учетом его влаги:

$$\frac{155,5 \cdot 100}{100 - 0,5} = 156,3 \text{ т/год}$$

28 Потери влаги перлита:

$$156,3 - 155,5 = 0,8 \text{ т/год}$$

Составляем материальный баланс для ШЛ – 0,4, который указан в таблице 1

Таблица 1 – Сводная таблица материального баланса

Приход	т/год	Расход	т/год
Глина	653,50	Годовой выпуск	1100,00
Глинозем	420,60	Брак обжига	39,90
Перлит	156,30	ППП изделия	3,42
Смола	83,70	ППП массы	158,40
Техническая вода	1401,00	Испаряется воды из туннельной печи	13,10
		Испаряется воды в туннельной сушиле	1341,60
		Брак сушки изделий	18,70
		Потери при транспортировке	18,70
		Потери при формовании	5,40
		Испаряется воды в сушильном барабане	21,90
		Унос пыли из сушильного барабана	9,80
		Потери воды из глинозема	2,10
		Потери воды из перлита	0,80
Итого:	2715,10	Итого:	2733,82

Невязка:

$$\frac{2733,82 - 2715,1}{2733,82} \cdot 100\% = 0,6\%$$

## 7 Пример расчета материального баланса производства муллитокремнеземистого волокнистого материала

Для расчета материального баланса потребуются следующие данные представленные в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные

Наименование показателя		Величина, %
Производительность Q, т/год		6500
Состав шихты:	Технический глинозем (I <sub>1</sub> )	44
	Кварцевый песок (I <sub>2</sub> )	54
Потери при обрезке (q <sub>1</sub> )		2
Возвращается в производство (q <sub>2</sub> )		95
Потери при осаждении (q <sub>3</sub> )		1
Потери при расщеплении (q <sub>4</sub> )		1
Содержание расплава в волокнах (x <sub>1</sub> )		98
Содержание лубрикант Duroon NV12 в волокнах (x <sub>2</sub> )		2
Безвозвратные потери лубрикант Duroon NV12 (q <sub>5</sub> )		1
Потери массы при плавлении (q <sub>6</sub> )		1
Потери массы при приготовлении и загрузке шихты (q <sub>7</sub> )		1
Потери песка при подготовке (q <sub>8</sub> )		1
Влажность песка до сушки (w <sub>к</sub> )		5
Влажность песка после сушки (w <sub>н</sub> )		1
Потери глинозема при хранении, транспортировке и дозировке (q <sub>10</sub> )		1

1 Выход волокнистого материала с ленточного конвейера с учетом потери при обрезке:

$$Q_1 = Q \cdot \frac{100}{100 - q_1}$$

$$Q_1 = 6500 \cdot \frac{100}{100 - 2} = 6632.653 \text{ т/год}$$

где

q<sub>1</sub> – потери при обрезке

Q – производительность

2 Количество обрезки:

$$q'_1 = Q_1 - Q$$

$$q'_1 = 6632.653 - 6500 = 132.653 \text{ т/год}$$

где

$Q_1$  – выход волокнистого материала с ленточного конвейера с учетом потери при обрезке

$Q$  – производительность

3 Возвращается обрезки в производство:

$$q_1'' = \frac{q_1' \cdot q_2}{100}$$
$$q_1'' = \frac{132.653 \cdot 95}{100} = 126.020 \text{ т/год}$$

где

$q_2$  – возвращается в производство

$q_1'$  – количество обрезки

4 Безвозвратные потери при обрезке:

$$q_2' = q_1' - q_1''$$
$$q_2' = 132.653 - 126.020 = 6.633 \text{ т/год}$$

где

$q_1'$  – количество обрезки

$q_1''$  – возвращение обрезки в производство

5 Выход волокнистого материала с ленточного конвейера с учетом безвозвратных потерь при обрезке:

$$Q_1' = Q + q_2'$$
$$Q_1' = 6500 + 6.633 = 6506.633 \text{ т/год}$$

где

$Q$  – производительность

$q_2'$  – безвозвратные потери при обрезке

6 Выход волокнистого материала из волокнообразующего устройства с учетом безвозвратных потерь при осаждении:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{100}{100 - q_3}$$
$$Q_2 = 6506.633 \cdot \frac{100}{100 - 1} = 6698.979 \text{ т/год}$$

где

$Q_1$  – выход волокнистого материала с ленточного конвейера с учетом потери при обрезке

$q_3$  – потери при осаждении

7 Потери при осаждении на сетчатый конвейер:

$$q_3 = Q_2 - Q_1$$

$$q_3 = 6698.979 - 6632.653 = 66.326 \text{ т/год}$$

где

$Q_2$  – выход волокнистого материала из волокнообразующего устройства с учетом безвозвратных потерь при осаждении

$Q_1$  – выход волокнистого материала с ленточного конвейера с учетом потери при обрезке

8 Потребность в расплаве:

$$Q'_3 = Q_2 \cdot \frac{x_1}{100}$$

$$Q'_3 = 6698.979 \cdot \frac{98}{100} = 6564.999 \text{ т/год}$$

где

$Q_2$  – выход волокнистого материала из волокнообразующего устройства с учетом безвозвратных потерь при осаждении

$x_1$  – содержание расплава в волокнах

9 Потребность в лубрикант Durox NV 12:

$$Q''_3 = Q_2 \cdot \frac{x_2}{100}$$

$$Q''_3 = 6698.979 \cdot \frac{2}{100} = 133.979 \text{ т/год}$$

где

$Q_2$  - выход волокнистого материала из волокнообразующего устройства с учетом безвозвратных потерь при осаждении

$x_2$  – содержание лубрикант Durox NV12 в волокнах

10 Выход расплава из печи с учетом безвозвратных потерь его в волокнообразующем устройстве:

$$Q_4 = Q'_3 \cdot \frac{100}{100 - q_4}$$

$$Q_4 = 6564.999 \cdot \frac{100}{100 - 1} = 6630.648 \text{ т/год}$$

где

$Q'_3$  – потребность в расплаве

$q_4$  – потери при расщеплении

11 Количество безвозвратных потерь расплава:

$$q'_4 = Q_4 - Q'_3$$

$$q'_4 = 6630.648 - 6564.999 = 65.649 \text{ т/год}$$

где

$Q_4$  – выход расплава из печи с учетом безвозвратных потерь его в

волокнообразующем устройстве

$Q_3'$  – потребность в расплаве

12 Потребность в лубрикант Durox NV12 с учетом безвозвратных потерь при хранении и подготовке:

$$Q_5 = Q_3'' \cdot \frac{100}{100 - q_5}$$

$$Q_5 = 133.979 \cdot \frac{100}{100 - 1} = 135.318 \text{ т/год}$$

где

$Q_3''$  – потребность в лубрикант Durox NV 12

$q_5$  – безвозвратные потери лубрикант Durox NV12

13 Количество безвозвратных потерь лубрикант Durox NV12:

$$q_5' = Q_5 - Q_3''$$

$$q_5' = 135.318 - 133.979 = 1.339 \text{ т/год}$$

где

$Q_5$  – потребность в лубрикант Durox NV12 с учетом безвозвратных потерь при хранении и подготовке

$Q_3''$  – потребность в лубрикант Durox NV 12

14 Потребность в массе для плавления с учетом ее безвозвратных потерь с отходящими из печи парами, газами и пылью:

$$Q_6 = Q_4 \cdot \frac{100}{100 - q_6}$$

$$Q_6 = 6630.648 \cdot \frac{100}{100 - 1} = 6696.954 \text{ т/год}$$

где

$Q_4$  – выход расплава из печи с учетом безвозвратных потерь его в волокнообразующем устройстве

$q_6$  – потери массы при плавлении

15 Потери массы при плавлении:

$$q_5' = Q_6 - Q_4$$

$$q_5' = 6696.954 - 6630.648 = 66.306 \text{ т/год}$$

где

$Q_6$  – потребность в массе для плавления с учетом ее безвозвратных потерь с отходящими из печи парами, газами и пылью

$Q_4$  – выход расплава из печи с учетом безвозвратных потерь его в волокнообразующем устройстве

16 Потребность в массе с учетом безвозвратных потерь при приготовлении и загрузке шихты:

$$Q_7 = Q_6 \cdot \frac{100}{100 - q_7}$$
$$Q_7 = 6696.954 \cdot \frac{100}{100 - 1} = 6763.923 \text{ т/год}$$

где

$Q_6$  – потребность в массе для плавления с учетом ее безвозвратных потерь с отходящими из печи парами, газами и пылью

$q_7$  – потери массы при приготовлении и загрузке шихты

17 Количество потерь при приготовлении и загрузке шихты:

$$q'_7 = Q_7 - Q_6$$
$$q'_7 = 6763.923 - 6696.954 = 66.969 \text{ т/год}$$

где

$Q_7$  – потребность в массе с учетом безвозвратных потерь при приготовлении и загрузке шихты

$Q_6$  – потребность в массе для плавления с учетом ее безвозвратных потерь с отходящими из печи парами, газами и пылью

18 Потребность в составляющих массе:

18.1 В техническом глиноземе:

$$Q_{8.1} = Q_7 \cdot \frac{I_1}{100}$$
$$Q_{8.1} = 6763.923 \cdot \frac{44}{100} = 2976.126 \text{ т/год}$$

где

$Q_7$  – потребность в массе с учетом безвозвратных потерь при приготовлении и загрузке шихты

$I_1$  – содержание технического глинозема в шихте

18.2 В кварцевом песке:

$$Q_{8.2} = Q_7 \cdot \frac{I_2}{100}$$
$$Q_{8.2} = 6763.923 \cdot \frac{54}{100} = 3652.518 \text{ т/год}$$

где

$Q_7$  – потребность в массе с учетом безвозвратных потерь при приготовлении и загрузке шихты

$I_2$  – содержание кварцевого песка в шихте

19 Потребность в кварцевом песке с учетом его безвозвратных потерь при подготовке:

$$Q_9 = Q_{8.2} \cdot \frac{100}{100 - q_8}$$
$$Q_9 = 3652.518 \cdot \frac{100}{100 - 1} = 3689.043 \text{ т/год}$$

где

$Q_{8.2}$  – потребность в кварцевом песке

$q_8$  – потери песка при подготовке

20 Количество потерь песка при подготовке:

$$q'_8 = Q_9 - Q_{8.2}$$
$$q'_8 = 3689.043 - 3652.518 = 36.525$$

где

$Q_9$  – потребность в кварцевом песке с учетом его безвозвратных потерь при подготовке

$Q_{8.2}$  – потребность в кварцевом песке

21 Потребность в кварцевом песке с учетом потерь его природной влажности:

$$Q_{10} = Q_9 \cdot \frac{100 - W_k}{100 - W_n}$$
$$Q_{10} = 3689.043 \cdot \frac{100 - 1}{100 - 5} = 3689.043 \cdot \frac{99}{95} = 3843.982 \text{ т/год}$$

где

$Q_9$  – потребность в кварцевом песке с учетом его безвозвратных потерь при подготовке

$W_k$  – влажность песка после сушки

$W_n$  – влажность песка до сушки

22 Количество воды испаряющееся в сушильном барабане из песка:

$$q'_9 = Q_{10} - Q_9$$
$$q'_9 = 3843.982 - 3689.043 = 154.939 \text{ т/год}$$

где

$Q_{10}$  – потребность в кварцевом песке с учетом потерь его природной влажности

$Q_9$  - потребность в кварцевом песке с учетом его безвозвратных потерь при подготовке

23 Потребность в техническом глиноземе с учетом безвозвратных потерь при хранении, транспортировке, дозировке:

$$Q_{11} = Q_{8.1} \cdot \frac{100}{100 - q_{10}}$$

$$Q_{11} = 2976.126 \cdot \frac{100}{100 - 1} = 3005.887 \text{ т/год}$$

где

$Q_{8.1}$  – потребность в техническом глиноземе

$q_{10}$  – потери глинозема при хранении, транспортировке и дозировке

24 Количество потерь технического глинозема:

$$q'_{10} = Q_{11} - Q_{8.1}$$

$$q'_{10} = 3005.887 - 2976.126 = 29.761 \text{ т/год}$$

где

$Q_{11}$  – потребность в техническом глиноземе с учетом безвозвратных потерь при хранении, транспортировке, дозировке

$Q_{8.1}$  - потребность в техническом глиноземе

Сводные данные расчета материального баланса приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сводная таблица материального баланса

Статья прихода	Кол-во, т/год	Статья расхода	Кол-во, т/год
Технический глинозем	3005,887	Готовая продукция	6500,000
Кварцевый песок	3843,982	Количество обрезки	6,633
лубликант Durox NV12	135,318	Потери при осаждении волокон	
		Потери расплава	66,326
		Потери лубликант Durox NV12	65,649
		Потери массы при плавлении	1,339
			66,306
		Потери шихты при приготовлении и загрузке	66,969
		Потери песка при подготовке	36,525
		Количество воды испаряющееся при сушке песка	154,939
		Потери технического глинозема	29,761
	6985,187		6994,447

Невязка баланса составляет:

$$H = \frac{\Sigma Q_{\text{прих}} - \Sigma Q_{\text{расх}}}{\Sigma Q_{\text{расх}}} \cdot 100$$
$$H = \frac{6985,187 - 7479,456}{7479,456} \cdot 100 = -0,1\%$$

где

$\Sigma Q_{\text{прих}}$  – сумма статей прихода

$\Sigma Q_{\text{расх}}$  – сумма статей расхода

## 8 Пример расчета материального баланса производства легковесных изделий с кажущейся плотностью 1,3г/см<sup>3</sup>

Исходные данные указаны

Исходные данные	
Наименование показателя	Величина
Производительность, т/год	40000,00
Состав шихты, %:	
Глина	40,00
Шамот	15,00
Опил	45,00
Влажность глины-связки, %	9,00
Влажность глины на складе, %	24,00
ППП глины на шамот, %	11,48
ППП глины на связку, %	14,50
ППП опила, %	97,00
Влажность изделия после сушки, %	2,00
Безвозвратные потери шамота при транспортировке, %	0,10
Потери массы при прессовании, %	0,20
Унос пыли из вращающейся печи, %	10,00
Возврат в производство, %	95,00
Унос пыли из сушильного барабана, %	1,50
Брак сушки и обжига, %	7,00
Возврат в производство, %	90,00
Возврат брака при прессовании в производство, %	100,00
Потери воды, %	10,00

1 Выход изделий из печи с учетом брака сушки и обжига

$$\frac{40000 * 100}{100 - 7} = 43010,75 \text{ т/год}$$

2 Количество брака сушки и обжига

$$43010,75 - 40000 = 3010,75 \text{ т/год}$$

3 Возврат брака сушки и обжига

$$\frac{3010,75 * 90}{100} = 2709,68 \text{ т/год}$$

4 Безвозвратный брак сушки и обжига

$$3010,75-2709,68=301,07 \text{ т/год}$$

5 Поступают в печь изделия с учетом потерь при прокаливании глины-связки и опила и содержания их в изделиях

$$\text{ППП}_{\text{изд}} = \text{ППП}_{\text{гл}} + \text{ППП}_{\text{опила}}$$

$$\frac{14,5 * 40}{100} + \frac{97 * 45}{100} = 49,45 \%$$

$$\frac{43010,75 * 100}{100 - 49,45} = \frac{4301075}{50,55} = 85085,56 \text{ т/год}$$

6 Потери при прокаливании в туннельной

$$85085,56-430,75=42074,81 \text{ т/год}$$

7 Поступают в печь изделия с учетом их влажности

$$\frac{85085,56 * 100}{100 - 2} = 86822 \text{ т/год}$$

8 Испаряется воды в печи

$$86822-85085,56=1736,44\text{т/год}$$

9 Поступает сырца в сушило

$$\frac{86822 * (100 - 2)}{100 - 24} = 111954,68 \text{ т/год}$$

10 Испаряется воды в сушиле

$$11954,68-86822=251132,68\text{т/год}$$

11 Потребуется массы с учетом потерь при прессовании

$$\frac{111954,68 * 100}{100 - 0,2} = 1121179,04 \text{ т/год}$$

12 Потери массы при прессовании

$$112179,04-111954,68=224,36 \text{ т/год}$$

13 Потребуется воды для увлажнения массы

$$W_{\text{шихты}} = W_{\text{гл}} = W_{\text{опила}}$$

$$\frac{9 * 40}{100} + \frac{40 * 45}{100} = 21,6 \%$$

$$\frac{112179,04 * (24 - 21,6)}{100 - 21,6} = 3434,05 \text{ т/год}$$

14 Количество воды с учетом ее потерь

$$3434,05 + \frac{3434,05 * 10}{100} = 3777,46 \text{ т/год}$$

15 Потери воды

$$3777,46 - 3434,05 = 343,41 \text{ т/год}$$

16 Потребуется сухой шихты

$$112179,04 - 3434,05 = 108744,99 \text{ т/год}$$

17 Потребуется глины для составления шихты

$$\frac{108744,99 * 40}{100} = 43498 \text{ т/год}$$

18 Потребуется шамота для составления шихты

$$\frac{108744,99 * 15}{100} = 16311,75 \text{ т/год}$$

19 Потребуется опила для составления шихты

$$\frac{108744,99 * 45}{100} = 48935,25 \text{ т/год}$$

20 Потребуется глины на сушку без учета потерь

$$\frac{43498 * (100 - 9)}{100 - 24} = 52083,13 \text{ т/год}$$

21 Подается глины на сушку с учетом уноса пыли

$$\frac{52083,13 * 100}{100 - 1,5} = 52876,28 \text{ т/год}$$

22 Уносится пыли из сушильного барабана

$$52876,28 - 52083,13 = 793,15 \text{ т/год}$$

23 Испаряется воды в сушильном барабане

$$\frac{52083,13 * (24 - 9)}{100 - 9} = 8585,13 \text{ т/год}$$

24 Выходит шамота из печи с учетом потерь при транспортировке

$$\frac{16311,75 * 100}{100 - 0,1} = 16328,08 \text{ т/год}$$

25 Безвозвратные потери шамота

$$16328,08 - 16311,75 = 16,33 \text{ т/год}$$

26 Выходит шамота из печи с учетом возврата брака сушки и обжига

$$16328,08 - 2709,68 = 13618,40 \text{ т/год}$$

27 Поступает глины в печь по абсолютно сухому весу с учетом уноса  
пыли

$$\frac{13618,40 * 100}{100 - 10} = 15131,56 \text{ т/год}$$

28 Уносится пыли из печи

$$15131,56 - 13618,40 = 1513,16 \text{ т/год}$$

29 Возвращается пыли в производство

$$\frac{1513,16 - 95}{100} = 14,18 \text{ т/год}$$

30 Безвозвратные потери пыли

$$1513,16 - 14,18 = 1498,98 \text{ т/год}$$

31 Поступает глины в печь с учетом возврата пыли

$$15131,56 - 14,18 = 15117,38 \text{ т/год}$$

32 Поступает глины в печь с учетом ее потерь при прокаливании

$$\frac{15117,38 * 100}{100 - 14,5} = 17681,15 \text{ т/год}$$

33 Потери при прокаливании глин в печи

$$17681,15 - 15117,38 = 2563,77 \text{ т/год}$$

34 Поступает глины в печь с учетом ее влажности

$$\frac{17681,15 * 100}{100 - 24} = 23264,67 \text{ т/год}$$

35 Испаряется воды в печи

$$23264,67 - 17681,15 = 5583,52 \text{ т/год}$$

Таблица 1 – Сводная таблица материального баланса

Статья прихода	т/год	Статья расхода	т/год
Глина на связку	52876,28	Готовая продукция	40000
Глина на шамот	23264,64	Потери пыли из печи	1498,98
Техническая вода	3777,46	Безвозвратный брак сушки и обжига	301,07
Опилки	48935,25	Испаряется воды при сушке глины	8585,13
		Испаряется воды при обжиге изделий	1736,44
		Испаряется воды при обжиге шамота	5583,51
		ППП в туннельной печи	42074,82
		ППП во вращающейся печи	2563,76
		Безвозвратные потери шамота	16,33
		Унос пыли из сушильного барабана	793,15
		Потери воды	343,41
		Потери массы при прессовании	224,36
		Испаряется воды при сушке изделий	25132,68
Итого:	128853,63	Итого:	128853,63

$$\text{Невязка} = \frac{128853,63 - 128853,63}{128853,63} \times 100\% = 0,00\%$$

$$\frac{10739,78 - 10739,78}{10739,78} \times 100 = 0,00 \%$$

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

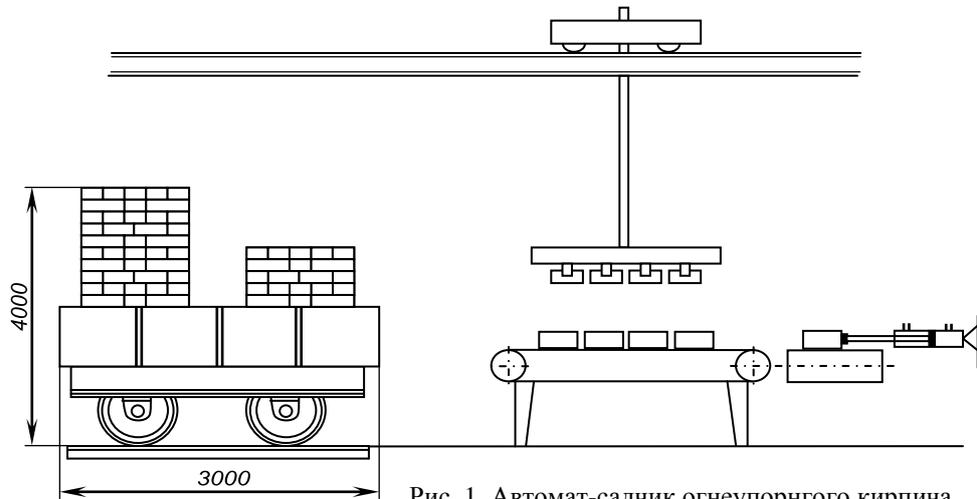


Рис. 1. Автомат-садчик огнеупорного кирпича  
п/с прессования на печную вагонетку.

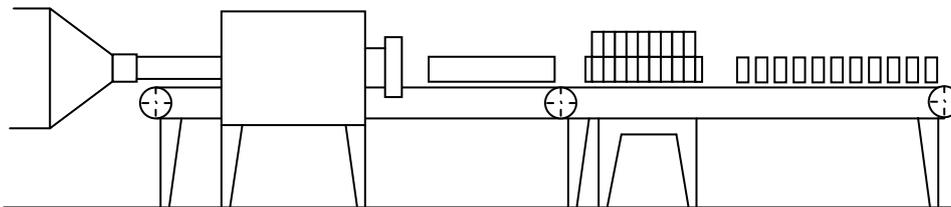


Рис. 2. Многоструйная резка бруса на кирпичи

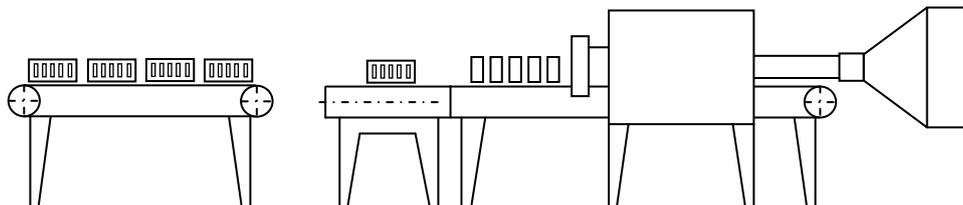


Рис. 3. Одноструйная резка бруса на кирпичи.

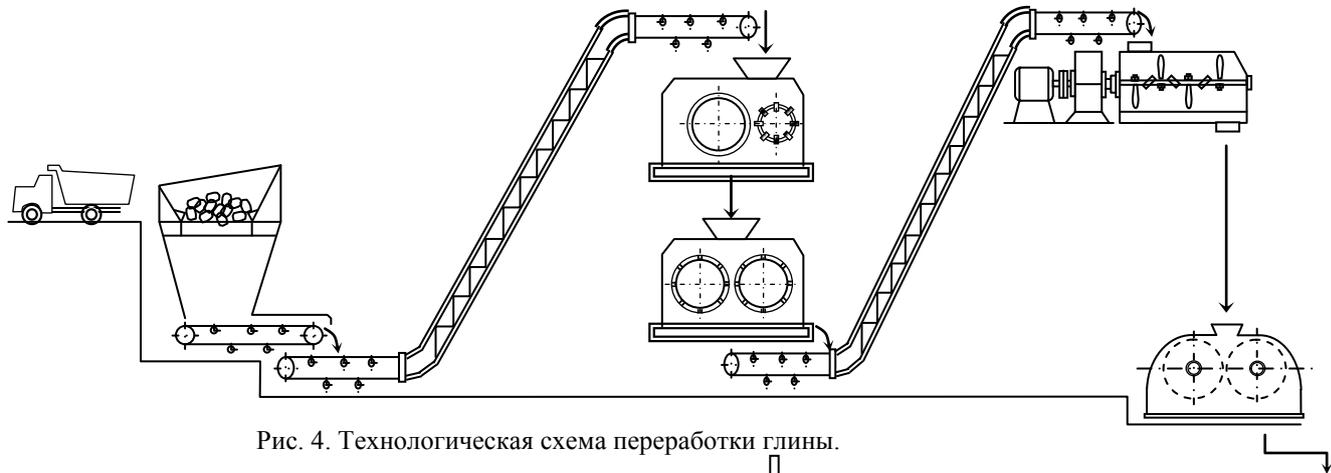


Рис. 4. Технологическая схема переработки глины.

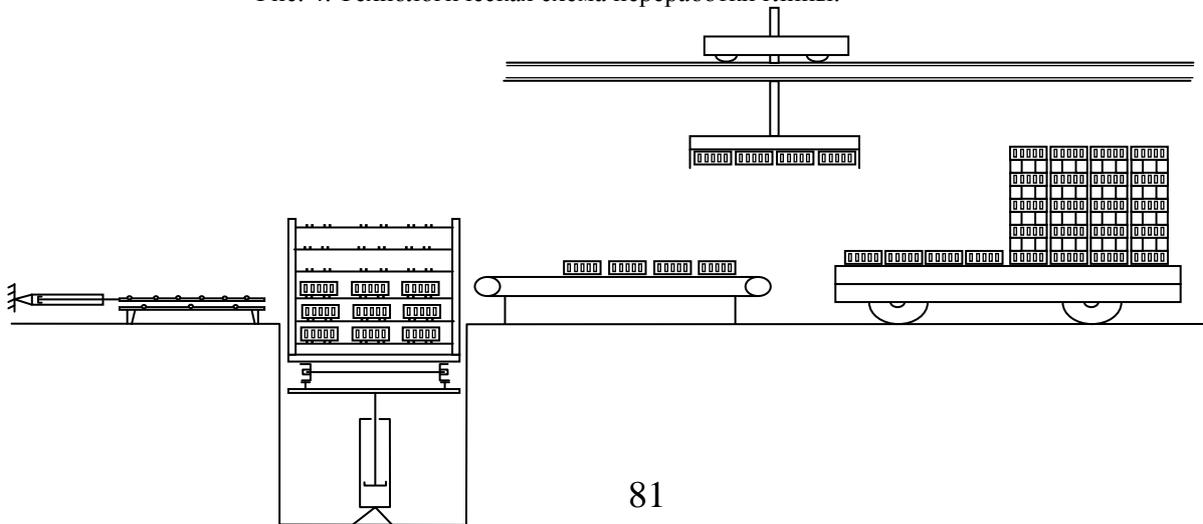


Рис. 5. Автомат садчик кирпича на печные вагонетки

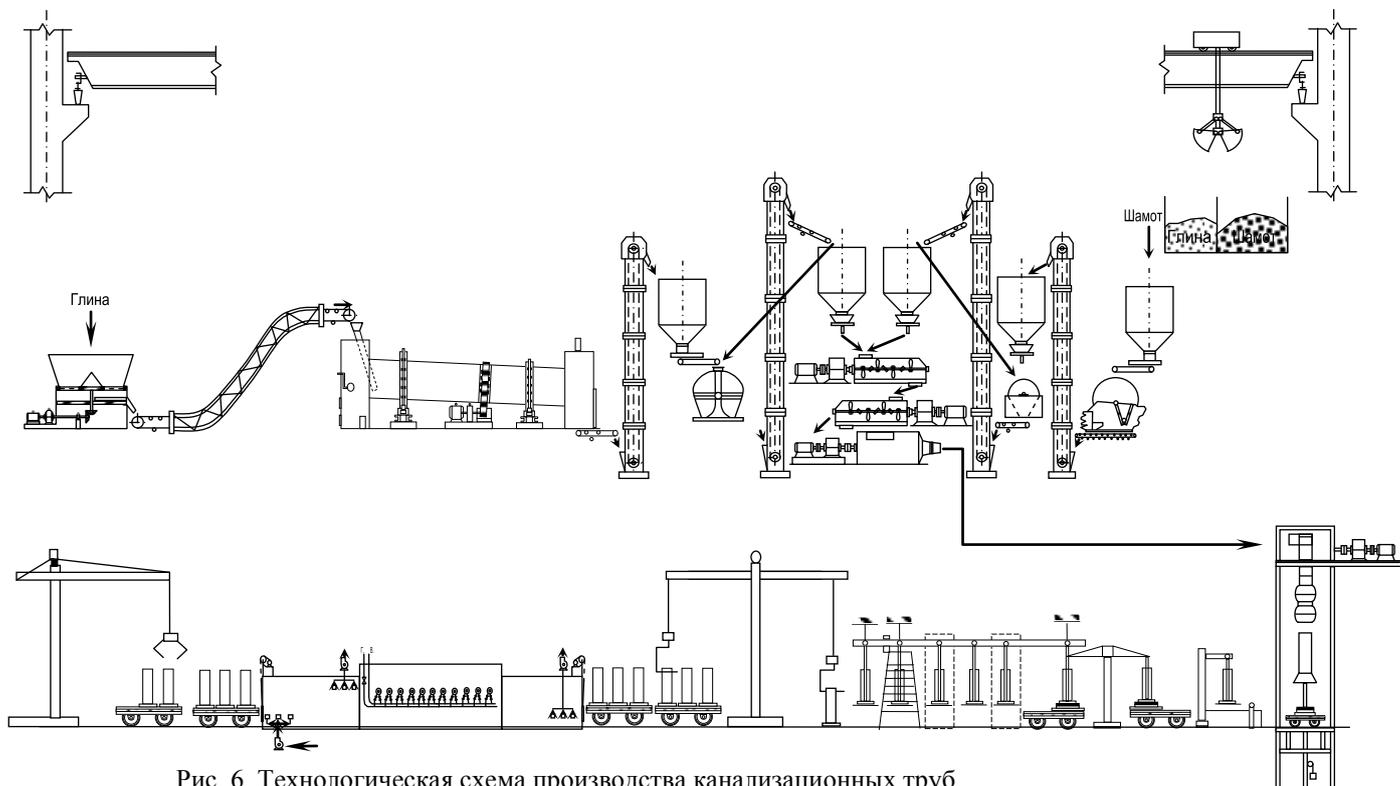


Рис. 6. Технологическая схема производства канализационных труб.