

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к выполнению курсовой работы по дисциплине
«Химическая технология керамики»**

Донецк
2021

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к выполнению курсовой работы по дисциплине
«Химическая технология керамики»**

для обучающихся по направлению подготовки
18.03.01 «Химическая технология»
профиль «Технология тугоплавких неметаллических и силикатных
материалов»
всех форм обучения

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры
прикладной экологии и охраны
окружающей среды
Протокол № 6 от 21.01.2021 г.

УТВЕРЖДЕНО
на заседании Учебно-издательского
совета ДОННТУ
Протокол № 2 от 24.02.2021г.

Донецк
2021

УДК 666.96(076)
М54

Составитель:

Беломеря Николай Иосифович – кандидат технических наук, профессор кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

М54 Методические рекомендации к выполнению курсовой работы по дисциплине «Химическая технология керамики» : для обучающихся по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» профиль «Технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» всех видов обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. прикладной экологии и охраны окружающей среды ; сост.: Н.И. Беломеря. - Электрон. дан. - Донецк: ДОННТУ - 2021. – Систем. требования: Acrobat Reader.

В методических рекомендациях приведены пояснения по объему и содержанию задания по курсовой работе, охватывающей основные разделы по дисциплине «Химическая технология керамики», правила оформления расчетно-пояснительной записки; указанные цели, задачи, объекты работы; рассмотрены примеры расчетов.

УДК 666.96(076)

Содержание

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
1.1 Цель и задачи курсовой работы	5
1.2 Объект курсовой работы.....	5
1.3 Содержание и объем курсовой работы.....	5
2 ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ.....	6
3 СОДЕРЖАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ РАСЧЕТНО- ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	8
3.1 Титульный лист, реферат, содержание.....	8
3.2 Введение	8
3.3 Техничко-экономическое обоснование способа производства и технологической схемы.....	8
3.4 Рекомендации к выбору и обоснованию способа производства и технологической схемы.....	9
3.5 Расчет состава шихты (массы) и химического состава массы и глазури	11
3.6 Расчет производственной программы	16
3.7 Описание технологического процесса и физико-химических основ производства.....	16
3.8 Материальный баланс производства	17
3.9 Выводы.....	46
Перечень рекомендованной литературы	47
Приложение А	48

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Цель и задачи курсовой работы

Курсовая работа имеет технологический характер. Цель курсовой работы заключается в систематизации, закреплении и расширении теоретических и практических знаний из специальных курсов, в развитии навыков поиска необходимой информации и ведения самостоятельной работы при решении конкретных вопросов.

Задачей курсовой работы является разработка технологии производства на основе анализа работы цеха или отделения, расчет и обоснование оптимальности выбранного варианта.

При выполнении курсовой работы студент должен получить навыки расчетно-технологической работы, которые необходимы для выполнения магистерской работы.

За решение, принятые в курсовой работе, инженерные расчеты, содержание и оформление пояснительной записки и графической части несет ответственность автор работы.

1.2 Объект курсовой работы

Объектами курсовой работы могут быть: новые предприятия (цеха, отделения, завод) и действующие предприятия (реконструкция цеха, отделения, завода).

Тема курсовой работы выдается студенту в начале семестра.

При проектировании нового производственного процесса или технологической схемы необходимо использовать материалы научно-исследовательских работ и результаты испытаний, проведенных на полузаводской или опытно-промышленной установке.

Литература по теме курсовой работы рекомендуется руководителем работы, а также подбирается студентом самостоятельно.

1.3 Содержание и объем курсовой работы

Курсовая работа состоит из расчетно-пояснительной записки (40-50 листов формата А4), которая оформляется в соответствии с требованиями стандартов.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать (приведено примерное количество страниц):

- титульный лист – 1;
- реферат – 1;
- содержание – 1-2;
- вступление – 2-3;
- технико-экономическое обоснование способа производства и технологической схемы – 3-4;

- расчет состава массы и химического состава массы и глазури – 4-5;
- описание технологического процесса и физико-химических основ производства – 5-10;
- расчет материального баланса производства – 10-15;
- выбор и расчет основного технологического оборудования – 10-12;
- выводы – 1;
- перечень ссылок;
- приложения.

2 ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Курсовую работу выполняют рукописно или печатают с помощью текстового процессора Word (шрифт Times New Roman, размер шрифта 14 пк).

Абзацный отступ 12,5 мм, межстрочный интервал - полуторный.

Нумерация листов сквозная. Первый лист – титульный, но номер на нем не ставят. Титульный лист оформляется согласно с формой, приведенной в приложении А.

На следующей странице размещают реферат. Реферат содержит сведения об объеме курсовой работы, количестве рисунков, таблиц, приложений, использованных источников; текст реферата; перечень ключевых слов. Текст реферата отображает: объект исследования или разработки; цель работы; основную характеристику выполненной работы; полученные результаты. Оптимальный объем реферата 500 знаков (желательно, чтобы он занимал одну страницу формата А4).

На страницах, где располагают содержание работы, выполняют упрощенный штамп. На всех остальных листах вычерчивают и заполняют только графы "Лист" и "(2)".

Введение начинают с новой страницы. Введение (а также выводы и список литературы) не нумеруют. Слово "ВВЕДЕНИЕ" пишут большими буквами посередине строки.

Основную часть работы (которая состоит из разделов, подразделов) начинают с новой страницы. Разделы должны быть пронумерованы арабскими цифрами. После номера раздела точку не ставят. Название раздела подается большими буквами симметрично относительно текста. В конце названия точку не ставят.

Подразделы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и номера подраздела (в рамках этого раздела), которые между собой разделены точкой. Наименование подраздела пишут строчными буквами (кроме первой – прописной) с абзаца. Пункты (если они есть) нумеруют в пределах подраздела. Пункты могут иметь название, которое пишут с абзаца с первой большой буквы.

Не допускается перенос слов в названиях разделов, подразделов, пунктов, таблиц, рисунков. Расстояние между заголовком и текстом составляет одну строку. Расстояние между заголовками такие же, как в тексте.

Между последовательными заголовками, а также между несколькими строками одного заголовка расстояние такое же, как в тексте.

Формулы (или уравнения) нумеруют в пределах раздела арабскими цифрами. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенных точкой. Номер формулы следует писать в круглых скобках и размещать в конце строки. Формулу от текста отделяют одной строкой. Объяснение значения символов и числовых коэффициентов приводятся непосредственно под формулой в той последовательности, в которой они представлены в формуле, с абзаца с указанием размерности. Первую строку пояснения начинают с абзаца со слова «где», после которого двоеточие не ставят. Каждый символ числового коэффициента нужно давать с новой строки.

Таблицы нумеруют в пределах раздела арабскими цифрами. Номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой. Над таблицей дают надпись "Таблица" с указанием порядкового номера. После номера таблицы ставят тире, а дальше подают название таблицы. При переносе таблицы слово "Таблица" с номером и ее название приводят только над первой частью таблицы, над другими частями пишут "Продолжение таблицы "и дают ее номер (без названия). Заголовки граф таблицы пишут с большой буквы, а подзаголовки – с маленькой буквы, если они составляют одно предложение с заголовком.

Рисунки нумеруют в пределах раздела. Номер рисунка состоит из номера раздела и порядкового номера рисунка, разделенных точкой. Под рисунком с левого края листа пишут слово «Рисунок» с указанием номера. Пояснительный текст к рисунку располагают непосредственно под рисунком над его названием.

На таблицы и рисунки в тексте должны быть ссылки. Таблицы и рисунки размещают непосредственно после первого упоминания в тексте, или (если они не помещаются на этом листе) с начала следующего листа.

Выводы размещают после основной части работы на отдельном листе. Слово "ВЫВОДЫ" пишут большими буквами посередине строки.

Перечень ссылок должен включать источники, использованные при выполнении курсовой работы. В соответствующих местах в тексте работы ссылки следует приводить по порядковому номеру согласно перечню в квадратных скобках. Источники располагают и нумеруют в той последовательности, в которой они впервые встречаются в тексте. Слова "ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК" пишут большими буквами симметрично относительно текста страницы. Библиографическое описание ссылок в перечне приводят согласно требованиям ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Приложения размещают в работе после перечня ссылок. В приложения вносят вспомогательный материал: спецификации к чертежам; промежуточные математические расчеты, формулы, доказательства; технологические характеристики аппаратов, распечатки компьютерных программ; другие вспомогательные материалы. Каждое приложение начинается с нового листа. Приложение должно иметь название, которое

пишут сверху маленькими буквами с первой большой и располагают симметрично согласно тексту страницы. Посередине ряда над заглавием маленькими буквами с первой большой должно быть написано слово «Приложение» и большая буква, которая обозначать приложение. Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с А, за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ы, Ъ. После слова «Приложение» следует буква, обозначающая его последовательность. Допускается обозначение приложений буквами латинского алфавита, за исключением букв I и O. В случае полного использования букв русского и латинского алфавитов допускается обозначать приложения арабскими цифрами. Если в документе одно приложение, оно обозначается «Приложение А».

В тексте пояснительной записки должно быть ссылка на приложение.

3 СОДЕРЖАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ

3.1 Титульный лист, реферат, содержание

Титульный лист и реферат выполняют по требованиям, которые приведены в разделе 2.

В содержание включают весь материал, приведённый в расчетно-пояснительной записке, в виде наименований разделов, подразделов, пунктов с указанием номера страницы, на которой начинается материал. В содержание включают также другие структурные элементы работы – введение, выводы, перечень ссылок, приложения (каждое приложение с номером и названием).

3.2 Введение

Во введении необходимо сделать общую постановку проблемы, рассматриваемой в работе. Коротко излагают оценку современному состоянию производства продукции, рассматривают проблемы, которые необходимо решить. Показывают направления и перспективы развития отрасли промышленности, к которой принадлежит проектируемое производство, перспективы использования продукции. Раскрывают актуальность выполнения разработки или исследования, цель работы, область использования.

3.3 Техничко-экономическое обоснование способа производства и технологической схемы

В этот раздел включают аналитический обзор литературных источников о способах производства рассматриваемого в работе вида продукции, их преимуществах и недостатках. На основе литературных данных, а также информации о работе предприятия, полученной во время технологической практики, студент описывает различные методы, технологические схемы,

сырьевые материалы, аппараты, которые можно использовать для получения данного вида продукции. На основе этого анализа студент выбирает наиболее усовершенствованный способ и схему производства, обосновывает свой выбор путем сравнения технико-экономических и других показателей, определяет преимущества. При этом можно вносить изменения и дополнения к существующей на производстве технологической схеме, употребляя более усовершенствованное оборудование, материалы или методы переработки с обоснованием принятых решений на основе соответствующих расчетов и доказательств, передового опыта предприятий, научных исследований.

3.4 Рекомендации к выбору и обоснованию способа производства и технологической схемы

В технологии керамики и огнеупоров изделия формируют одним из трех и основных способов с определенной спецификой подготовки материалов: пластическим формованием, полусухим прессованием и с помощью литья из глинистых водных суспензий (шликеров) в гипсовые формы.

Выбор способа производства и подготовки масс (шихт) определяются свойствами сырья, составом шихты (массы), формой и размерами изделий, и требованиями к качеству произведенных материалов и изделий.

Для многих видов керамических и огнеупорных изделий способ их формования определяется формой изделий и требованиями к ним. Так, санитарно-строительные изделия формируют только литьем или (для простейших из них – смывных бачков) в последнее время используют способ полусухого прессования, который обеспечивает высокую плотность черепка, точность формы и размеров. Таким же способом формуют и другие виды плиток, но возможно также производить их способом литья. Тонкокерамические изделия – фарфоровые и фаянсовые – формируют способами пластического формования и литья в зависимости от ассортимента.

Преимущественный способ производства огнеупорных изделий – полусухое прессование.

В соответствии с существующими методами формирования изделий существуют три способа подготовки масс, при этом выбор способа подготовки массы зависит не только от способа формирования, но и от количества компонентов в шихте.

Рассмотрим основные принципы подготовки масс из сухих порошков. При этом способе приготовленных массы материалы находятся в сухом виде с влажностью не более 7-8%. Полусухой способ подготовки массы предусматривает предварительную сушку сырьевых материалов в сушильном барабане, помол, фракционирование. Рационально использование агрегатов с одновременной сушкой и помолом (шахтных, аэробильных мельниц). В этом случае технологическая схема становится проще, а весь процесс подготовки массы – более экономичным.

Приготовление масс пластическим способом включает измельчение глинистых и наполняющих материалов, их дозирования, смешивания, увлажнения, тонкий помол. Влажность массы – 18-25%.

Переработка сырьевых материалов указанными двумя способами осуществляется, если керамические массы содержат не более 2-3 компонентов, одинаковых или близких по своим физико-химическим свойствам.

Когда пластическая или полусухая масса состоит из большего количества компонентов в тонкодисперсном состоянии и требует точной их дозировки, высокую степень гомогенизации, ее готовят шликерным способом. Шликерный способ широко используют в производстве тонкой керамики. Шликерный способ подготовки массы характеризуется многообразием технологических процессов. Измельчение компонентов может осуществляться совместным или отдельным способами. При совместном помолу наполнители, плавни и глинистые материалы подвергают помолу по мокрому способу в шаровой мельнице. Получают жидкую керамическую массу – шликер – с влажностью до 50%. Отдельный помол характеризуется тем, что наполнители и плавни подвергают помолу в шаровых мельницах, а глина распускается в смесителях, затем обе суспензии смешивают в заданных соотношениях. Как первая, так и вторая схемы имеют свои преимущества и недостатки. При отдельном помолу сырьевых материалов распространенным видом брака является "мушка" – темные точки на поверхности изделия, которые возникают в результате попадания железистых включений в массу. Совместный помол материалов значительно уменьшает такой вид брака, но при совместном помолу, значительно уменьшается производительность мельниц, увеличиваются расходы электроэнергии по сравнению с отдельным помолу, уменьшается белизна изделий тонкой керамики.

Обе описанные схемы связаны с ручным трудом при выполнении таких операций, как дозировка материалов, загрузка мельниц. Приготовление шликера может быть автоматизировано при использовании непрерывно действующего оборудования – машин для роспуска глины и струйных мельниц для помолу наполнителей, плавней и др.

Полученная жидкая керамическая масса может быть использована для формирования изделий способом литья, для получения пластических масс и полусухих порошков. Для получения пластических масс шликер подвергают частичному обезвоживанию, потом делают гомогенизацию массы и ее вакуумирование.

Полусухие порошки могут быть получены из шликера несколькими методами: в сушильных барабанах с последующим помолу и рассевом; на фильтр-прессах с последующей сушкой коржей, их измельчением, помолу, рассевом; на фильтр-прессах с последующим формированием валяшки. сушкой в туннельных сушилках, измельчением, помолу, рассевом.

В последнее время для получения порошков с шликеров используют башенные распылительные сушилки, значительно более эффективные и

которые позволяют получать пресс-порошки, стабильные по гранулометрическому составу и влажности.

Целесообразность использования того или иного технологического способа необходимо отразить в курсовой работе. Хотя технологические схемы производства керамики имеют определенные индивидуальные особенности, в технологии различных керамических изделий есть много общих элементов. Технологические схемы производства керамических изделий очень разнообразны, одни простые другие сложные. Технологическая схема производства того или иного керамического изделия не является чем-то постоянным, она совершенствуется, ибо наука и техника все время развиваются. Для правильного выбора технологической схемы необходимо ознакомиться со схемой действующего предприятия. Но она может быть устаревшей, поэтому к ней надо вносить коррективы. В технологическую схему можно вносить изменения на основании научных публикация в периодической печати, в сборниках по обмену передовым опытом, информационных сборниках. В публикуемых материалах можно найти рекомендации по использованию новых машин и аппаратов для отдельных технологических операций, описание новых видов сырья и новых методов его обработки, новые технологические приемы, способы механизации отдельных операций. Сделав анализ литературных данных с точки зрения возможности использования в курсовой работе, нужно построить технологическую схему с учетом всех добавлений и улучшений.

3.5 Расчет состава шихты (массы) и химического состава массы и глазури

Правильность подбора шихты определяется свойствами массы, которая должна хорошо формироваться, обеспечивать оптимальные сроки сушки и обжига, а также необходимое качество изделий при минимальных отходах производства. Для изготовления стеновых изделий следует, в первую очередь, использовать отходы местных производств как добавка к шихте, например кислые гранулированные шлаки, опилки, золы. Это снижает себестоимость изделий. Фасадные изделия требуют использования добавок, которые не испортят внешний вид изделий и не увеличат пористость (шамот, песок). В состав массы для фаянсовых облицовочных плиток целесообразно вводить тальк и пиррофиллит, которые уменьшают деформацию при сушке и обжиге и увеличивают термостойкость изделий. В производстве санитарно-строительных изделий используют фаянсовые, полуфарфоровые и шамотные массы. Перспективным является выпуск изделия из фарфоровых масс, так как они наиболее прочны, гигиеничны, имеют хорошие декоративные свойства.

Рассмотрим примеры расчета состава массы и обожженных изделий по химическому составу сырья.

Пример 1. Шихтовой состав полуфарфоровой массы (%):

– глина огнеупорная – 30%;

- каолин – 30%;
- пегматит – 9%;
- песок кварцевый – 25%;
- бой полуфарфоровый – 6%.

Химический состав сырьевых материалов приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Химический состав материалов, мас.%

Материал	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	п.п.п	Σ
Глина	52,43	32,21	0,89	1,22	0,60	0,55	2,75	0,63	9,10	100,31
Каолин	47,56	36,90	0,47	0,31	0,11	-	0,47	0,25	13,35	99,42
Пегматит	66,30	18,90	0,30	-	0,90	0,13	9,94	2,54	0,17	99,18
Кварцевый песок	99,80	0,25	0,40	0,33	0,15	0,03	-	-	0,12	100,06

Когда сумма оксидов в материале составляет больше или меньше 100% (последняя графа в таблице), целесообразно пересчитать ее на 100%.

При подсчете из состава массы исключают бой, поскольку он по химическому составу практически одинаковый с обожженной массой. Таким образом после перерасчета шихтовой состав массы будет следующий, масс. %:

- глина – 31.9%
- каолин – 31.9%
- пегматит – 9.6%
- кварцевый песок – 26.6%.

После получение шихтового состава определяют количество компонентов, которые вводятся в массу с глиной (масс. %), составляет:

$$\text{SiO}_2 = \frac{31.9 \cdot 52.43}{100} = 16.72$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{31.9 \cdot 32.21}{100} = 10.27$$

Далее таким же образом пересчитывается количество других оксидов, которые вводятся в массу с глиной, а также другими материалами. Результаты сводят в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Расчетный химический состав массы, %

Материал	Состав мас., %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	п.п.п
Глина	31,9	16,72	10,27	0,28	0,39	0,19	0,17	0,88	0,20	2,9
Каолин	31,9	15,17	11,77	0,15	0,09	0,03	-	0,15	0,08	4,26
Пегматит	9,6	6,36	1,81	0,03	-	0,08	0,01	0,95	0,24	0,02
Кварцевый песок	26,6	26,55	0,06	0,10	0,09	0,04	0,01	-	-	0,03
Всего на не обожженное вещество, %	100	64,80	23,91	0,56	0,57	0,34	0,19	1,98	0,52	7,21

Всего на обожженное вещество, %	100	69,83	25,77	0,60	0,61	0,37	0,20	2,13	0,56	-
---------------------------------	-----	-------	-------	------	------	------	------	------	------	---

Кроме этого, определяют суммарное значение потерь при обжиге (п.п.п) для пересчета состава на обожжённое вещество.

Пересчет массы на обожжённое вещество выполняют путем умножения состава каждого оксида, который входит в состав массы, на коэффициент К:

$$K = \frac{100}{100 - \text{п.п.п}}$$

Расчет химического состава массы по химическому составу сырья выполняется для огнеупорных изделий и некоторых видов изделий строительной керамики.

Для тонкокерамических масс (фаянсовых, полуфарфоровых и фарфоровых) расчет выполняют другим способом. Рассмотрим далее пример расчета шихтового состава фарфоровой массы при заданном химическом составе черепка.

Пример 2. Химический состав фарфорового черепка (масс.%) : $\text{SiO}_2 - 70.8$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 23.5$; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} - 3.7$.

Химический состав сырьевых материалов приведены в таблице 3.3.

Исходя из керамических свойств сырья, задаются количеством глины в массе (например, количеством глины должна быть 23%). С глиной в массу будет введено оксидов (масс.%):

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 &= 0,498 \cdot 23 = 11,45, \\ \text{Al}_2\text{O}_3 &= 0,353 \cdot 23 = 8,12, \\ \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} &= 0,0215 \cdot 23 = 0,49. \end{aligned}$$

Таблица 3.3 – Химический состав сырьевых материалов для фарфоровой массы, масс.%

Материалов	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	п.п.п.	Σ
Глина	49.80	35.30	0.77	0.68	0.80	0.40	1.50	0.65	10.10	100
Каолин	45.40	39.06	0.55	0.39	0.80	0.19	0.34	-	13.30	100
Пегматит	75.64	11.45	0.18	-	0.56	0.19	9.45	2.29	0.24	100
Песок	97.77	1.00	0.10	-	0.53	0.10	-	-	0.50	100

С другими материалами необходимо ввести в массу следующее количество оксидов (масс. %)

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 &= 70,80 - 11,45 = 59,35, \\ \text{Al}_2\text{O}_3 &= 23,50 - 8,12 = 15,38, \\ \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} &= 3,70 - 0,49 = 3,21. \end{aligned}$$

Al_2O_3 и K_2O+Na_2O будут введены с каолином и пегматитом. Для определения количества этих материалов в массе составляют уравнение с двумя неизвестными:

$$\begin{aligned} 0,3906x + 0,1145y &= 15,38, \\ 0,0034x + 0,1174y &= 3,21, \end{aligned}$$

где x – количество каолина, которое необходимо ввести до массы;
 y – количество пегматита.

Первое уравнение характеризует количество оксидов алюминия, которые вводятся в массу с каолином и пегматитом, второе уравнение – то же самое для оксидов натрия и калия. Для решения уравнения умножаем первое на 0,0034, а второе – на 0,3906. Находим уравнение неизвестных: $x= 32,35$, $y=26,43$. Таким образом каолин можно ввести в количестве 32,35, а пегматит – в количестве 26,43 масс. ч.

Теперь необходимо определить количество кварцевого песка. Рассчитываем количество диоксида кремния, вводимого с глиной, каолином и пегматитом (масс. ч.):

- с глиной $0,498 \cdot 23,00 = 11,45$;
- с каолином $0,454 \cdot 32,35 = 14,69$;
- с пегматитом $0,756 \cdot 26,43 = 19,99$.

Всего количество диоксида кремния, введенного с глиной, каолином, пегматитом, составляет

$$11,45+14,69+19,99=46,13 \text{ (масс. ч.)}$$

Осталось ввести $70,80-46,13=24,67$ (масс. ч.)

Поскольку в песке содержится 97,77 масс. % SiO_2 , то для введения 24,67 масс. ч. SiO_2 необходимо следующее количество песка:

$$x = \frac{24,67 \cdot 100}{97,77} = 25,23 \text{ (масс. ч.)}$$

Рассчитанные данные сводим в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Шихтовой состав массы

Материал	Массовая часть	Массовый процент
Глина	23,00	21,49
Каолин	32,35	30,23

Пегматит	26,43	24,70
Кварцевый песок	25,23	23,58
Всего	107,01	100,00

Для проверки правильности расчета рассчитаем химический состав фарфора, используя данные таблицы 3.3. Полученные результаты сведём в таблицу 3.5. Отклонения от заданного состава не превышает 0,5%. Таким образом, расчет выполнен верно.

Таблица 3.5 – Расчет химического состава массы, масс.%

Материал	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	п.п.п.	Состав массы
Глина	10,70	7,59	-	0,15	0,17	0,09	0,32	0,14	2,17	21,49
Каолин	13,72	11,80	0,17	0,12	0,24	0,06	0,10		4,02	30,23
Пегматит	18,69	2,83	0,04	-	0,14	0,05	0,56	0,56	0,06	24,70
Песок	23,05	0,24	0,02	-	0,13	0,02	-	-	0,12	23,58
Всего на не прокаленное вещество	66,16	22,46	0,39	0,27	0,68	0,22	3,45		6,37	100,0
Всего на прокаленное вещество	70,66	23,98	0,42	0,29	0,73	0,23	3,69		-	100
Отклонение от заданного состава	-0,14	+0,48					-0,01			

Для тонкокерамических масс следует также рассчитывать линейный термический коэффициент расширения (ЛТКР). Существует несколько методов приблизительного расчета ТКР. Часто используют метод Винкельмана-Шотта, который базируется на аддитивной зависимости температурного коэффициента расширения от оксидного состава, масс. %:

$$\alpha = \sum P_i X_i,$$

где α – линейный термический коэффициент расширения материала;

P_i – содержание оксидов в массе, масс. %;

X_i – эмпирические числовые факторы, которые характеризуют расширения оксидов.

Значения расчетов факторов сведены в таблице 3.6. Они действительны до температуры 400...600 °С.

Таблица 3.6 – Расчет данных по Винкельману-Шотту

Оксиды	Значения $X_i \cdot 10^{-6}$	оксиды	Значения $X_i \cdot 10^{-6}$
SiO ₂	0,027	CaO	0,167
TiO ₂	0,137	MgO	0,003
SnO ₂	0,073	BaO	0,100
SrO ₂	0,070	PbO	0,100
B ₂ O ₃	0,003	MnO	0,073

Al ₂ O ₃	0,167	CuO	0,730
Sb ₂ O ₃	0,117	ZnO	0,060
CeO	0,147	Na ₂ O	0,333
NiO	0,137	K ₂ O	0,283
BeO	0,133	P ₂ O ₃	0,067
FeO·Fe ₂ O ₃	0,137	As ₂ O ₅	0,073

Приведем пример расчета ТКР для фарфоровой массы рассмотренного выше примера 2:

$$\alpha = 70,66 \cdot 0,027 \cdot 10^{-6} + 23,98 \cdot 0,167 \cdot 10^{-6} + 0,42 \cdot 0,137 \cdot 10^{-6} + 0,29 \cdot 0,137 \cdot 10^{-6} + \\ + 0,73 \cdot 0,167 \cdot 10^{-6} + 0,23 \cdot 0,003 \cdot 10^{-6} + 3,69 \cdot 0,308 \cdot 10^{-6} = 7,27 \cdot 10^{-6}.$$

SiO₂
Al₂O₃
Fe₂O₃
TiO₂

CaO
MgO
K₂O+Na₂O

При использовании глазури в производстве керамических изделий следует сделать вывод про пригодность глазури для данной керамической массы. Обычно глазурь подбирают таким образом, чтоб ее ЛТКР был немного больше, чем ЛКТР массы. Тогда в слое глазури возникают напряжения давления, которые делают черепок крепче. Отклонение между ЛТКР черепка и глазури не должно превышать 10%. Для увеличения ЛТКР глазури можно увеличить содержание щелочных оксидов или понизить содержание кремнезема и глинозема.

3.6 Расчет производственной программы

Расчет производственной программы происходит в соответствии с заданной мощностью проектируемого производства. Мощность должна соответствовать производительности основного оборудования (туннельных печей, конвейерных агрегатов и др.).

После расчета количества машин и печей необходимо определить точную производительность производства. Она, как правило больше или меньше заданной и в редких случаях сходится с последней. Все дальнейшие расчеты (количество материалов, складов) надо проводить не на заданную мощность, а на действительную.

3.7 Описание технологического процесса и физико-химических основ производства

В этом разделе описывают путь, по которому проходит сырье по установкам, механизмам, машинам, тепловым агрегатам, превращаясь в готовый продукт. Изменения, которые происходят в агрегатах в сырьевых материалах под влиянием технологических факторов, и физико-химические процессы сопровождающие все стадии технологии. Необходимо привести

технологические параметры на каждом этапе.

Особое внимание следует уделять вопросам механизации и автоматизации технологических процессов, уменьшению ручного труда, использования безотходного производства, расширения сырьевой базы и утилизации отходов других производств, надо предусмотреть меры по охране труда и окружающей среды. В этом разделе указывают изменения, которые вносят в работу с целью усовершенствования процесса производства. Закончить раздел необходимо описанием операционного контроля. Материалы по контролю производства могут быть сведены в таблицу (2-3 листа).

3.8 Материальный баланс производства

Цель материальных расчетов – определения затрат материалов на заданную мощность и определения технологических норм затрат материалов.

Материальный баланс производства складывается по стадиям производства с учетом затрат сырья на каждый из них. Состав материального баланса производства базируется на нормах рационального сбережения сырья. Количество сырья, приходящего на производство, приравнивается суммарному количеству полученного продукта и производственных затрат.

В расчете статей прихода и расхода материального баланса используют нормативно-технические данные по расходу сырья, продуктов и т.д., коэффициенты рассчитывают на основе теоретических и эмпирических закономерностей. Расчет расходов включают отдельно в статью расходной части баланса. Если расчет расходных коэффициентов сделать невозможно через те или иные причины, следует использовать данные технологической отчетности предприятия.

Между приходной и расходной частью материального баланса может произойти небольшая разница - «отклонение» (допускается до 0,5%) за счет неточности вычисления и вычислительных формул.

Данные материального баланса являются исходными данными для подбора основного и дополнительного технологического оборудования, расчета необходимых складских помещений для приема сырья и готовой продукции, а также коэффициентов сырья и материалов на единицу товарной продукции.

Для расчета материального баланса необходимы следующие начальные данные:

- годовая мощность производства готовой продукции (в ассортименте и в целом);
- технологическая схема производства проектируемого предприятия;
- химический состав сырья и дополнительных материалов;
- химический состав готовой продукции;
- сырьевые склады полуфабрикатов и готовых изделий;
- основные нормативные данные (влажность сырья и полуфабрикатов до и после термообработки).

- процент брака, нормативные потери сырья, полуфабрикатов и готовой продукции на отдельных стадиях технологического процесса, а также степень возврата их в производство.

Данные про количество брака и технологических потерь во время разгрузки сырья, хранения на складе, дробления, отсева, транспортировки в процессе переработки, смешивания, формования, сушке и обжиге изделий следует брать на предприятиях, на которых студент проходил практику.

Далее рассмотрим несколько примеров расчета материального баланса.

Пример 3. Необходимо рассчитать материальный баланс производства шамотных изделий при условии выпуска 120 тыс. т в год.

Технологические нормативы производства, масс. %:

– влажность глины, которая находилась на складе – 22%;

– потери при обжигании глины, которая предназначена:

1) для обжига на шамот – 13,05%;

2) для связки – 11,91%;

– влажность глины после сушильного барабана – 8,0%;

– безвозвратные потери глины в виде пыли:

1) во время сушки в барабане – 0,5%;

2) во время обжига на шамот – 1,0%;

3) во время транспортирования глины и шамота – 0,1%;

– влажность массы для прессования – 8,0%;

– потери массы во время прессования – 0,2%;

– влажность изделий после сушки – 2,0%;

– брак изделий:

1) после прессования – 0,0%;

2) сушка – 0,5%;

3) обжиг – 1,5%

– потери глины и шамота:

1) во время отсева – 0,1%;

2) во время помола – 0,1%;

3) во время дробления – 0,1%;

4) во время хранения сырья – 0,1%;

5) во время разгрузки сырья – 0,5%.

Примечание: брак изделий при обжиге и сушке полностью возвращается в производство.

На рисунке 3.1 проведена технологическая схема производства. Далее делают расчет, материального баланса последовательно по стадиям технологической схемы, начиная с последней стадии процесса и далее в обратном направлении.

В этом примере расчета не учтены потери на складе готовой продукции во время складирования и отгрузки потребителю, которые в среднем составляют от 0,01 до 0,1%.

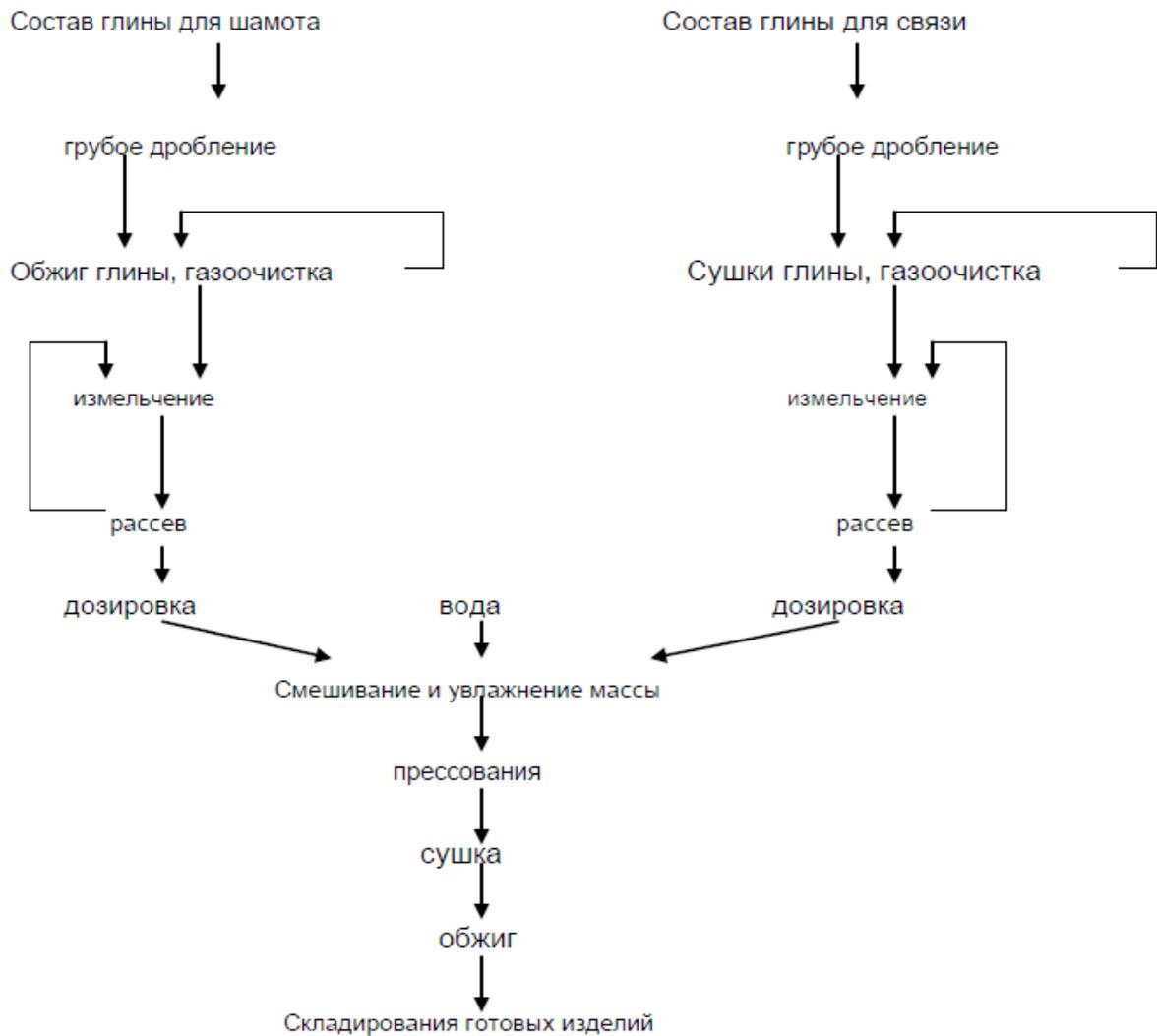


Рисунок 3.1 – Технологическая схема производства шамотных огнеупоров

С печей должно выйти изделий с учетом брака обжига

$$\frac{120000 \cdot 100}{100 - 1,5} = 121827,41 \text{ (т/год)}$$

Количество брака составит 1827,41 т/год.

В печи требуется загрузить в натуральной массе больше, нежели 121827,4 т на величину п.п.п. глины-связки и на влажность сырца перед садкой.

Потери при обжиге изделий зависят от состава в них глины в абсолютно сухой массе. Величину п.п.п. обычно берут из таблицы, куда сводят расчет шихты. В данном случае п.п.п. составляют 3,57%.

Учитывая потери при обжиге, в печь должно загрузиться сырца в абсолютно сухой массе

$$\frac{121827,41 \cdot 100}{100 - 3,57} = 126337,66 \text{ (т/год)}$$

в натуральной массе с влажностью 2%

$$\frac{126337,66 \cdot 100}{100 - 2} = 128915,98 \text{ (т/год)}$$

потери при обжиге составляют

$$126337,66 - 121827,41 = 4510,25 \text{ (т/год)}$$

остаточная влага, которая выделяется во время обжига изделий в печи, составляет:

$$128915,98 - 126337,66 = 2578,32 \text{ (т/год)}.$$

Из сушилок с учетом брака сушки должно выйти:

$$\frac{128915,98 \cdot 100}{100 - 0,5} = 129563,80 \text{ (т/год)}$$

Количество брака сушки – 647,82 т/год.

Учитывая, что из сушилок сырец выходит с влажностью 2%, а загружается с влажностью 8%, до сушилок должно зайти

$$\frac{129563,80 \cdot 100}{100 - 8} = 138013,61 \text{ (т/год)}$$

Количество влаги, которая выделяется в сушилках, составит

$$138013,61 - 129563,80 = 8449,81 \text{ (т/год)}.$$

Сырца надо сформировать 138013,61 т/год. Учитывая потери во время прессования, в смеситель должно поступить:

$$\frac{138013,61 \cdot 100}{100 - 0,2} = 138290,19 \text{ (т/год)}$$

Потери во время прессования составят

$$138290,19 - 138013,61 = 276,58 \text{ (т/год)}.$$

Количество массы, которая приходит в смеситель (с влажностью 8%), составляет 138290,19 т/год. Для увлажнения массы потребуется воды

$$\frac{138290,19 \cdot (8,0 - 2,4)}{100 - 2,4} = 7934,68 \text{ (т/год)},$$

где 2.4 – влажность шихты (шихта составляет 30% глины с влажностью 8.0%).

Количество шихты, которую необходимо увлажнить до 8%, составляет

$$\frac{138290,19 \cdot (100 - 8)}{100 - 2,4} = 130355,51 \text{ (т/год)}$$

Количество глины в шихте составляет

$$130355,51 \cdot 0.30 = 39106,65 \text{ (т/год)},$$

шамота –

$$130355,51 \cdot 0,70 = 91248,86 \text{ (т/год)}$$

Выполняем расчет по линии глины.

Требуемое количество глины составляет 39106,65 т/год. Рассчитывая потери во время транспортирования и рассева, потребуется глины

$$\frac{39106,65 \cdot 100}{100 - 0,2} = 39185,02 \text{ (т/год)}$$

Потери глины во время транспортирования и отсева составляют

$$39185,02 - 39106,65 = 78,37 \text{ (т/год)}$$

Учитывая потери во время помола и транспортирования, требуемое количество глины составит

$$\frac{39185,02 \cdot 100}{100 - 0,2} = 39263,55 \text{ (т/год)}$$

Потери во время помола и транспортирования составляют:

$$39263,55 - 39185,02 = 78,53 \text{ (т/год)}$$

Из сушильного барабана должно выйти 39263,55 т/год. Учитывая, что к сушильному барабану приходит глина с влажностью 22%, а выходит с влажностью 8% на сушку требуется подать

$$\frac{39263,55 \cdot 100}{100 - 22} = 46310,85 \text{ (т/год)}$$

с учетом безвозвратного пылеуноса:

$$\frac{46310,85 \cdot 100}{100 - 0,5} = 46543,57 \text{ (т/год)}$$

таким образом, пылеунос с сушильного барабана составляет

$$46543,57 - 46310,85 = 232,72 \text{ (т/год)},$$

а количество влаги, выделенной во время сушки глины –

$$46310,85 - 39363,55 = 6947,30 \text{ (т/год)}.$$

Учитывая потери во время грубого дробления глины, на глинострогаче необходимо подать

$$\frac{46543,57 \cdot 100}{100 - 0,1} = 46356,91 \text{ (т/год)}$$

Потери во время грубого дробления глины составят

$$46356,91 - 46310,55 = 46,36 \text{ (т/год)}$$

С учетом потерь глины на складе сырья и во время разгрузки, на производство необходимо поставить

$$\frac{46356,91 \cdot 100}{100 - 1,5} = 47062,85 \text{ (т/год)}$$

Потери глины на складе сырья составят

$$47062,85 - 46356,91 = 705,94 \text{ (т/год)}.$$

Далее производим расчет по линии шамота.

Требуемое количество шамота составляет 91248,86 т/год. Учитывая потери во время отсева и транспортировки, шамота потребуется

$$\frac{91248,86 \cdot 100}{100 - 0,2} = 91431,72 \text{ (т/год)}$$

Потери во время отсева и транспортировки составят

$$91431,72 - 91248,86 = 182,86 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь во время помола и транспортировки, из вращающей

печи должно выйти

$$\frac{91431,72 \cdot 100}{100 - 0,2} = 91614,95 \text{ (т/год)}$$

Потери во время помола и транспортировки составят

$$91614,95 - 91431,72 = 183,23 \text{ (т/год)}.$$

Поскольку брак сушки и обжига возвращается в производство, шамота потребуется

$$91614,95 - (1827,41 + 647,82) = 89139,72 \text{ (т/год)},$$

где (1827,41+647,82) – суммарное количество брака сушки и обжига.

Во вращающуюся печь необходимо подать глины с учетом потерь на п.п.п.:

$$\frac{89139,72 \cdot 100}{100 - 13,05} = 102518,37 \text{ (т/год)}$$

с учетом влажности глины 22%:

$$\frac{102518,37 \cdot 100}{100 - 22} = 131433,81 \text{ (т/год)}$$

с учетом пылеуноса:

$$\frac{131433,81 \cdot 100}{100 - 1} = 132761,42 \text{ (т/год)}$$

Потери при прокаливании составят:

$$102318,37 - 89139,72 = 13378,65 \text{ (т/год)}.$$

во время обжига шамота во вращающейся печи выделяется влаги

$$131433,81 - 102518,37 = 28915,44 \text{ (т/год)},$$

пылеунос с вращающейся печи –

$$132761,42 - 131433,81 = 1327,61 \text{ (т/год)}.$$

Учитывая потери глины во время грубого дробления, на глинорезку подают:

$$\frac{132761,42 \cdot 100}{100 - 0,1} = 132894,31 \text{ (т/год)}$$

потери во время грубого дробления глины составят

$$132894,31 - 132761,42 = 132,89 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь глины на складе сырья и во время разгрузки на производство требуется доставить глины для получения шамота

$$\frac{132894,31 \cdot 100}{100 - 1,5} = 134918,08 \text{ (т/год)}$$

потери глины на складе составят

$$134918,08 - 132894,31 = 2023,77 \text{ (т/год)}.$$

Суммарное количество глины, которую необходимо доставить на производство:

$$134918,08 + 47062,85 = 181980,93 \text{ (т/год)}.$$

Составляем таблицу расчета материального баланса (таблица 3.7)

Таблица 3.7 – Материальный баланс производства

Приход	т/год	Расход	т/год
Глина, в т.ч.:	181980,93	Готовый продукт	120000,00
- на шамот	134918,08	Потери при прокаливании изделий	4510,25
- на связку	47062,85	Остаточная влага, удаленная во время обжига	2578,32
Вода	7934,68	Влага, удаленная во время сушки изделий	8449,81
		Потери во время прессования	276,58
		Потери глины во время посева	78,37
		Потери глины во время помола	78,53
		Потери глины с пылеуносом	232,72
		Влага, удаленная в сушильном барабане	6947,30
		Потери во время дробления глины	46,30
		Потери глины-связки на складе	705,94
		Потери шамота во время посева	182,86
		Потери шамота во время помола	183,23
		Потери при прокаливании шамота	13378,65
		Потери шамота с пылеуносом	1327,61
		Потери шамота во время дробления	132,89
		Потери глины (на шамот) на складе	2023,77
		Влага, удаленная во время обжига шамота	28915,44
Всего	189915,61		190048,57

$$\text{Отклонение} = \frac{190048,57 - 189915,61}{189915,61} \cdot 100 = 0,07 \text{ (\%)}$$

Расход глины на 1 т готовой продукции составляют:

$$181980,93 : 120000,00 = 1,52 \text{ (т)}$$

Пример 4. Рассчитать материальный баланс производства фасадно-керамических плиток за условием выпуска 400000 м² на год.

Технологическая схема приведена на рисунке 3.2.

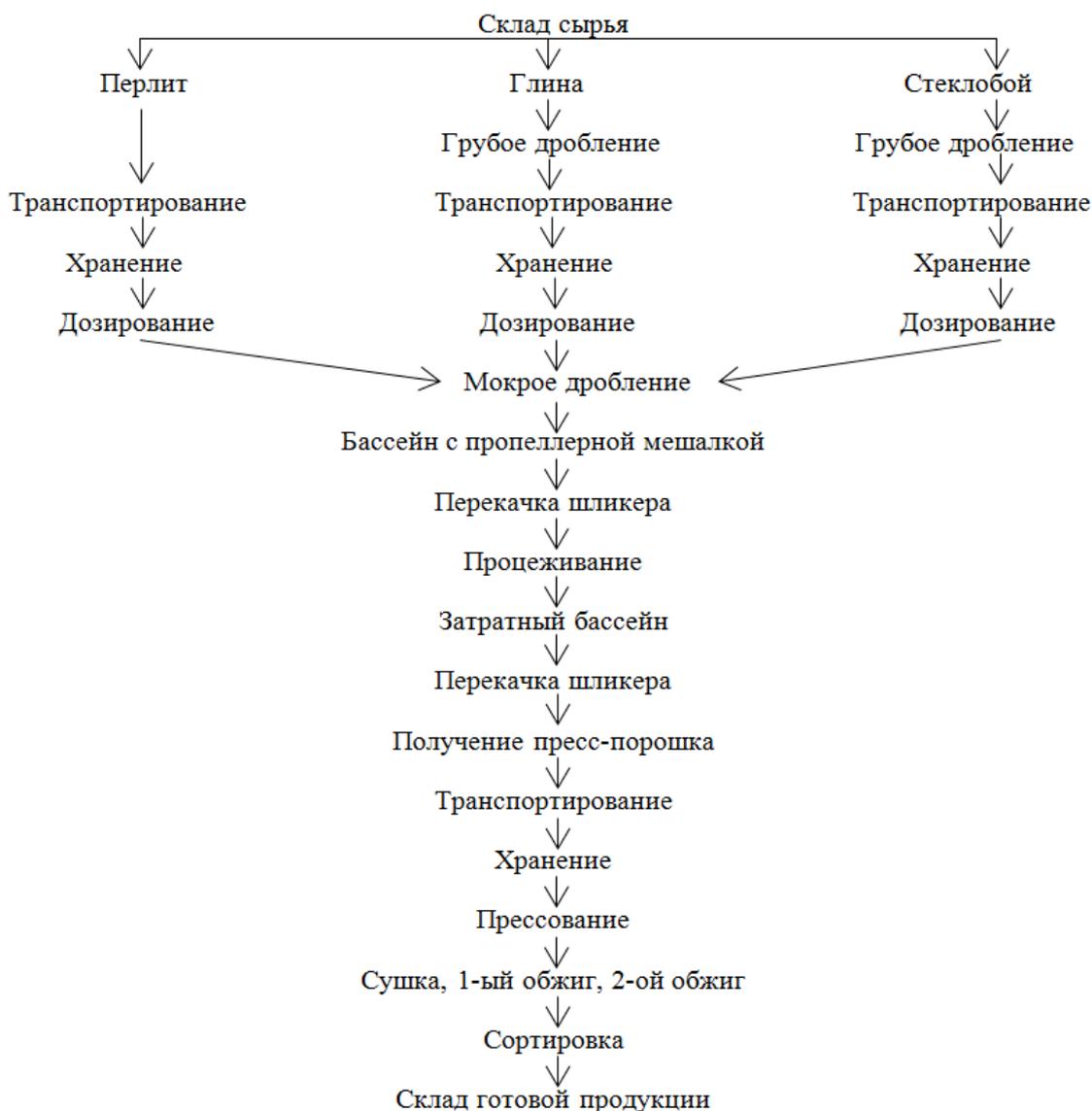


Рисунок 3.2 – Технологическая схема производства фасадной плитки

Технологические нормативы производства (масс. %):

- потери во время сортировки – 0,1 %;
- брак на конвейерной линии – 5,0 %;
- потери при прокаливании – 7,74 %;
- влажность плитки после сушки – 0,2%;
- влажность пресс-порошка – 8,0 %;

- потери при прессовании – 0,01 %;
- потери пресс-порошка во время транспортировки – 0,01 %;
- влажность шликера – 50 %;
- потери шликера во время транспортировки - 0,01 %;
- влажность глины – 20,0%;
- потери сырья:
 - 1) во время переработки – 0,02 %;
 - 2) во время транспортировки и дозирования – 0,01 %;
 - 3) на складе – 0,01 %;
- влага 1 м² плиток – 18 кг;
- шихтовой состав массы:
 - 1) глина – 65%;
 - 2) перлит – 30 %;
 - 3) стеклобой – 5 %;
 - 4) жидкое стекло – 0,2 %;
 - 5) сода – 0,1 %.

Примечание. Брак изделий, который получается во время сортировки, и брак с конвейерной линии подлежит продаже для исполнения декоративных работ во время отделки зданий.

Для расчета материального баланса сначала пересчитаем мощность производства на массу изделий. На склад готовой продукции должно прийти 400000 м² на год или:

$$18 \cdot 400000 = 7200000 \text{ (кг/год)} = 7200 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь во время сортировки на складе готовой продукции должно прийти изделий

$$\frac{7200 \cdot 100}{100 - 0,1} = 7207,21 \text{ (т/год)}.$$

Потери во время сортировки составляют:

$$7207,21 - 7200 = 7,21 \text{ (т/год)}.$$

Учитывая брак на конвейерной линии, после прокаливания должно выйти плиток

$$\frac{7200,02 \cdot 100}{100 - 5} = 7586,54 \text{ (т/год)}.$$

Количество брака на конвейерной линии составит

$$7586,54 - 7207,21 = 379,33 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь при прокаливании, остаточная влага, которая удаляется во время утельного обжига, и влага, которая удаляется по время сушки, на конвейерную линию должно прийти:

- с учетом п.п.п.

$$\frac{7586,54 \cdot 100}{100 - 7,74} = 8223,00 \text{ (т/год);}$$

- с учетом остаточной влаги

$$\frac{8223,00 \cdot 100}{100 - 0,2} = 8239,48 \text{ (т/год);}$$

- с учетом влаги, которая удаляется во время сушки плиток

$$\frac{8239,48 \cdot 100}{100 - 8,0} = 8938,04 \text{ (т/год).}$$

Безвозвратные потери составят:

- с учетом п.п.п.

$$8223,00 - 7586,54 = 636,46 \text{ (т/год);}$$

- с учетом остаточной влажности

$$8239,48 - 8223,00 = 16,48 \text{ (т/год);}$$

- с учетом влаги, которая удаляется во время сушки плиток

$$8938,04 - 8239,48 = 698,56 \text{ (т/год).}$$

Должно быть отпрессовано 8938,04 т/год изделий. С учетом безвозвратных потерь во время прессования должно прийти пресс-порошка:

$$\frac{8938,04 \cdot 100}{100 - 0,01} = 8938,93 \text{ (т/год).}$$

Количество брака на конвейерной линии составляет:

$$8938,93 - 8938,04 = 0,89 \text{ (т/год)}$$

Учитывая потери пресс-порошка во время транспортировки с башенной распылительной сушилки должно прийти пресс-порошка

$$\frac{8938,93 \cdot 100}{100 - 0,01} = 8939,82 \text{ (т/Год)}$$

Потери порошка во время транспортировки составят

$$8939,82 - 8938,93 = 0,89 \text{ (т/Год)}.$$

С башенной распылительной сушилки порошок выходит с влажностью 8 %, а приходит шликер с влажностью 50 %. Необходимое количество шликера составляет

$$\frac{8939,82 \cdot 100}{100 - 50,0} = 16447,43 \text{ (т/Год)}$$

Количество влаги, которая выделяется в башенной распылительной сушилке составляет

$$16447,43 - 8939,82 = 7508,61 \text{ (т/Год)}.$$

Учитывая потери во время транспортировки с шаровых мельниц шликера должно прийти

$$\frac{16447,43 \cdot 100}{100 - 0,01} = 16449,07 \text{ (т/Год)}.$$

Потери шликера по время транспортировки составят

$$16449,07 - 16447,43 = 1,64 \text{ (т/Год)}.$$

В шаровую мельницу должно прийти 16449,07 т/год сырьевых материалов, воды и электролитов, а именно:

- воды

$$16449,07 \cdot 0,5 = 8224,54 \text{ (т/Год)};$$

- сырьевых материалов в абсолютно сухой массе – 8224,54 т/год, в том числе:

1) жидкого стекла

$$8224,54 \cdot 0,002 = 16,44 \text{ (т/Год)};$$

2) соды

$$8224,54 \cdot 0,001 = 8,22 \text{ (т/год)}.$$

Количество основных сырьевых материалов составит

$$8224,54 - (16,44 + 8,22) = 8199,88 \text{ (т/год)},$$

а именно:

- глины

$$8199,88 \cdot 0,65 = 5329,92 \text{ (т/год)};$$

- перлита

$$8199,88 \cdot 0,30 = 2459,97 \text{ (т/год)};$$

- стеклобоя

$$8199,88 \cdot 0,05 = 409,99 \text{ (т/год)};$$

Выполним расчет по линии стеклобоя.

Количество стеклобоя с учетом потерь во время транспортировки и дозирования составят

$$\frac{409,99 \cdot 100}{100 - 0,01} = 410,03 \text{ (т/год)}$$

Потери стеклобоя во время транспортировки и дозирования составят

$$410,03 - 409,99 = 0,04 \text{ (т/год)}.$$

Количество стеклобоя с учетом потерь во время дробления и измельчения

$$\frac{410,03 \cdot 100}{100 - 0,02} = 410,11 \text{ (т/год)}$$

Потери стеклобоя во время дробления и дозирования

$$410,11 - 410,03 = 0,08 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь на складе на производство следует доставлять стеклобоя в количестве

$$\frac{410,11 \cdot 100}{100 - 0,01} = 410,15 \text{ (т/год)}$$

Потери стеклобоя на складе

$$410,15 - 410,11 = 0,04 \text{ (т/год)}$$

Далее рассчитываем линию перлита

Необходимое количество перлита составляет 2459,97 т/год. С учетом потерь перлита во время транспортировки и дозирования необходимо

$$\frac{2459,97 \cdot 100}{100 - 0,01} = 2460,22 \text{ (т/год)}$$

Потери перлита во время транспортирования и дозирования

$$2460,22 - 2459,97 = 0,25 \text{ (т/год)}.$$

Учитывая потери перлита на складе, на производство необходимо доставить

$$\frac{2460,22 \cdot 100}{100 - 0,01} = 2460,46 \text{ (т/год)}$$

Потери перлита на складе составят

$$2460,46 - 2460,22 = 0,24 \text{ (т/год)}.$$

Выполним расчет по линии глины.

Нужное количество глины в абсолютно сухой массе – 5329,92 т/год. Природная влажность глины равна 20 %, поэтому необходимо количество глины составит

$$5329,93 + 5329,92 \cdot 0,20 = 6395,90 \text{ (т/год)}.$$

С глиной вносится влага

$$6395,90 - 5329,93 = 1065,97 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь во время транспортировки и дозирования необходимое количество глины составит

$$\frac{6395,90 \cdot 100}{100 - 0,01} = 6396,54 \text{ (т/год)}$$

Потери во время транспортировки и дозирования глины составят

$$6396,54 - 6395,90 = 0,64 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь глины во время дробления на глинорезку необходимо подать

$$\frac{6396,54 \cdot 100}{100 - 0,02} = 6397,82 \text{ (т/год)}$$

Потери глины во время дробления

$$6397,82 - 6396,54 = 1,28 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь на складе необходимо доставить глины на производство

$$\frac{6397,82 \cdot 100}{100 - 0,01} = 6398,46 \text{ (т/год)}$$

Потери глины на складе составят

$$6398,46 - 6397,82 = 0,64 \text{ (т/год)}.$$

Рассчитаем необходимое количество технической воды.

Необходимое количество воды – 8224,54 т/год. С глиной вносится воды 1065,97 т/год. Таким образом, количество технической воды составит

$$8224,54 - 1065,97 = 7158,57 \text{ (т/год)}.$$

Составим таблицу материального баланса (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Материальный баланс производства фасадных плиток

Приход	т/год	Расход	т/год
Глина	6398,46	Готовая продукция	7207,21
Перлит	2460,46	Брак сортировки	7,21
Стеклобой	410,13	Брак конвейерной линии	379,33
Жидкое стекло	16,44	Потери при прокаливании	636,46
Сода	8,22	Остаточная влага	16,48
Вода	7158,57	Влага во время сушки	698,56
		Потери пресс-порошка:	
		- при прессовании	0,89
		- при транспортировке	0,89

Продолжение таблицы 3.8.

		Влага, удаленная в башенной распылительной сушилке	7508,61
		Потери шликера	1,64
		Потери стеклобоя:	
		- при транспортировке	0,04
		- при дроблении	0,08
		- на складе	0,04
		Потери перлита:	
		- при транспортировке	0,25
		- на складе	0,24
		Потери глины	
		- при транспортировке	0,64
		- при дроблении	1,28
		- на складе	0,64
Всего	16452,30		16460,49

$$\text{Отклонение} = \frac{16460,49 - 16452,30}{16460,49} \cdot 100 = 0,05 (\%)$$

Коэффициент расхода сырья будет равен

$$K = \frac{9293,73}{7207,21} = 1,29.$$

Пример 5. Рассчитать материальный баланс производства фарфоровых изоляторов мощностью 20000 т/год.

Технологическая схема производства представлена на рисунке 3.3.

Технологические нормативы производства:

- возвратные потери (масс. %):

- 1) на складе – 0,1 %;
- 2) во время испытания – 1,0 %;
- 3) во время армирования – 0,2 %;
- 4) во время шлифовки – 0,3 %;
- 5) брак обжига – 5,0 %;
- 6) брак сушки – 3,0 %;
- 7) брак формования (обточки) – 1,0 %;
- 8) отходы во время обточки изоляторов – 40,0 %;
- 9) во время глазурирования и транспортировки – 0,5 %;

- безвозвратные потери (масс. %):

- 1) при прокаливании – 6,2 %;
- 2) во время транспортировки шликера – 0,1 %;
- 3) во время транспортировки сырьевого материала – 0,1 %;

- 4) во время дробления – 0,1 %;
- 5) во время складирования – 0,1 %;
- 6) потери глазури во время обогащения, транспортировки, глазурирования – 0,5 %
- влажность шликера – 60 %;
- влажность массы:
 - 1) после фильтр-пресса – 19,5 %;
 - 2) после вылеживания – 19,0 %
 - 3) после подвялки – 17,0%;
- влажность сырца после сушки – 0,5 %;
- вес изолятора – 40 кг;
- расход глазури – 3 %.

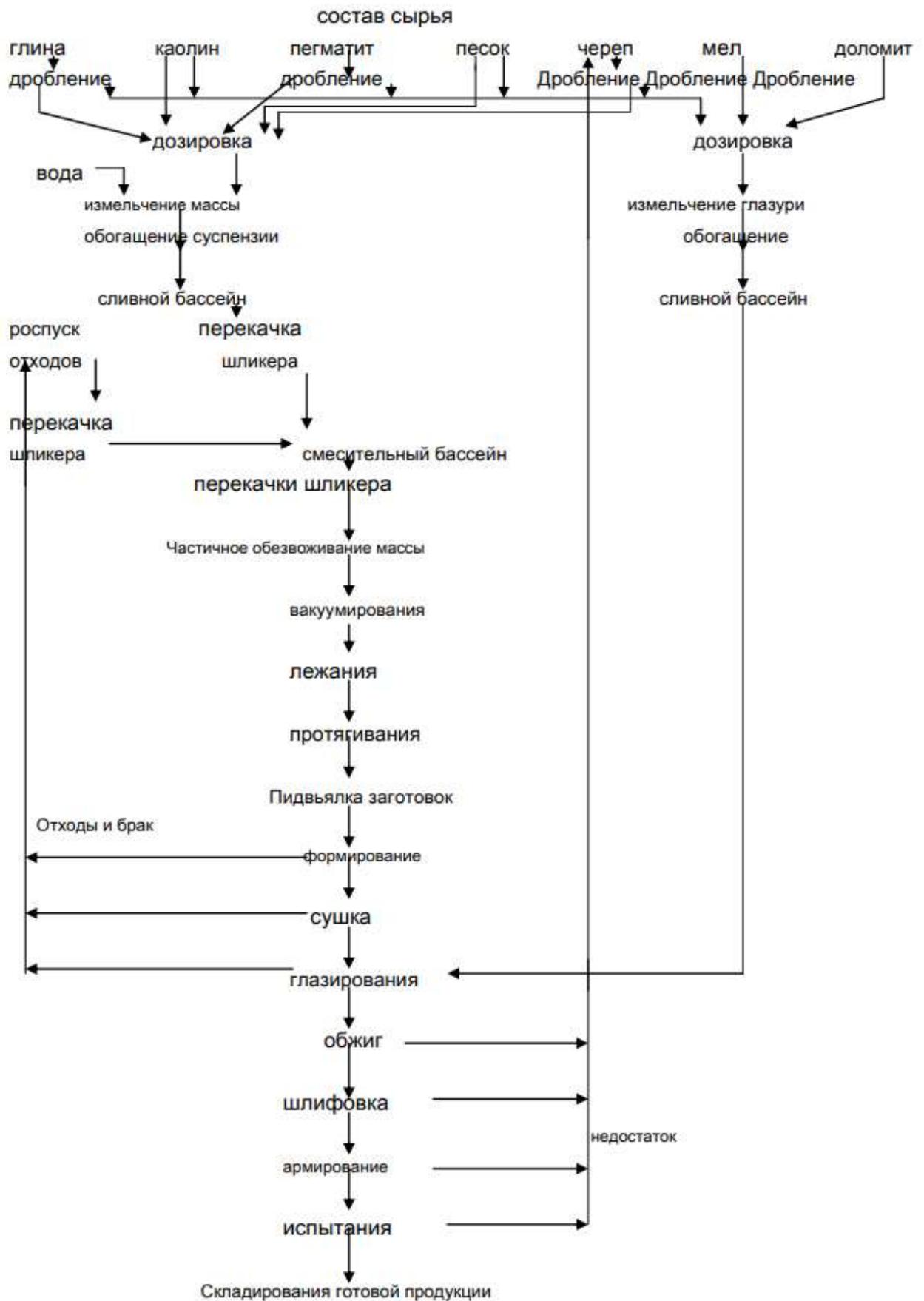


Рисунок 3.3 – Технологическая схема производства фарфоровых изоляторов

Количество фарфора с учетом 0,1% обратных потерь на складе готовой

продукции

$$\frac{20000 \cdot 100}{100 - 0,1} = 20020,02 \text{ (т/год).}$$

Потери на складе составят

$$20020,02 - 20000 = 20,02 \text{ (т/год).}$$

Подлежит складированию изоляторов

$$20000 : 0,04 = 500000 \text{ (шт./год).}$$

Количество фарфора с учетом возвратных потерь составит

- при испытании

$$\frac{20020,02 \cdot 100}{100 - 1,0} = 20222,24 \text{ (т/год).}$$

- при армировании

$$\frac{20222,24 \cdot 100}{100 - 0,2} = 20262,77 \text{ (т/год).}$$

- во время шлифовки

$$\frac{20262,77 \cdot 100}{100 - 0,3} = 20323,74 \text{ (т/год).}$$

Количество обратных потерь:

- при испытании

$$20222,24 - 20020,02 = 202,22 \text{ (т/год).}$$

- при армировании

$$20262,77 - 20222,24 = 40,53 \text{ (т/год).}$$

- во время шлифовки

$$20323,74 - 20262,77 = 60,97 \text{ (т/год).}$$

Из печи должно выйти фарфора с учетом обратного брака при обжиге

$$\frac{20323,74 \cdot 100}{100 - 5,0} = 21393,41 \text{ (т/год).}$$

Количество брака при обжиге равно

$$21393,41 - 20323,74 = 1069,67 \text{ (т/год).}$$

Количество фарфора с учетом п.п.п.

$$\frac{21393,41 \cdot 100}{100 - 6,2} = 22807,47 \text{ (т/год).}$$

Потери при прокаливании составят

$$22807,47 - 21393,41 = 1414,06 \text{ (т/год).}$$

Количество фарфора, который поступает на обжиг, с учетом удаления остаточной влаги во время обжига

$$\frac{22807,47 \cdot 100}{100 - 0,5} = 22922,08 \text{ (т/год).}$$

Количество окончательной влаги составит

$$22922,08 - 22807,47 = 114,61 \text{ (т/год).}$$

Необходимо рассчитать количество глазури.

Расход глазури составляет 3% на абсолютно сухое вещество, поэтому количество глазури составляет

$$22807,47 \cdot 0,03 = 684,22 \text{ (т/год).}$$

Такое же количество воды (684,22 т / год) удаляется после глазирования изделий во время их сушки перед обжигом, потому что глазурные покрытия на изделия наносят в виде шликера с влажностью 50%.

Количество фарфора, подлежащего глазированию, с влажностью 0,5%:

$$22922,08 - 684,22 = 22237,86 \text{ (т/год).}$$

Учитывая потери во время глазирования и транспортировке, потребуется фарфора

$$\frac{22237,86 \cdot 100}{100 - 0,5} = 22349,61(\text{т/год}).$$

Обратные потери во время глазирования и транспортировки составят

$$22349,61 - 22237,86 = 111,75 (\text{т/год}).$$

С сушилки должно выйти полуфабриката с учетом 3% брака при сушке

$$\frac{22349,61 \cdot 100}{100 - 3,0} = 23040,83 (\text{т/год}).$$

Обратный брак сушки составит

$$23040,83 - 22349,61 = 691,22 (\text{т/год}).$$

Количество влажных изделий, поступающих на сушку, с учетом влаги удаляемой во время сушки

$$\frac{23040,83 \cdot (100 - 0,5)}{100 - 17,0} = 27621,23 (\text{т/год}).$$

Во время сушки удаляется влаги

$$27621,23 - 23040,83 = 4580,40 (\text{т/год}).$$

Количество фарфоровой массы, необходимой для шлифовки изоляторов, с учетом 1% обратного брака:

$$\frac{27621,23 \cdot 100}{100 - 1,0} = 27900,23 (\text{т/год}).$$

Количество обратного брака при шлифовке изоляторов составит

$$27900,23 - 27621,23 = 279,00 (\text{т/год}).$$

Потребность в фарфоровой массе для обточки изоляторов с учетом 40% возвратных отходов обточки

$$\frac{27900,23 \cdot 100}{100 - 40,0} = 46500,39 (\text{т/год}).$$

Количество возвратных отходов при обточке составит

$$46500,39 - 27900,23 = 18600,16 \text{ (т/год)}.$$

Количество необходимой фарфоровой массы для протягивания заготовок в формовочном цехе, с влажностью 19 %:

$$\frac{46500,49 \cdot (100 - 17,0)}{100 - 19,0} = 47648,55 \text{ (т/год)}.$$

Количество влаги, которая удаляется при подвялки заготовок, составит

$$47648,55 - 46500,39 = 1148,16 \text{ (т/год)}.$$

Количество массы с учетом влаги, которая удаляется при вылеживании составит:

$$\frac{47648,55 \cdot (100 - 17,0)}{100 - 19,0} = 47944,40 \text{ (т/год)}.$$

Количество влаги, которая удаляется при вылеживании:

$$47944,40 - 47648,55 = 295,85 \text{ (т/год)}.$$

С фильтр-пресса должна поступить масса в количестве 47944,50 т / год. Количество шликера, который поступает на фильтр-пресс:

$$\frac{47944,40 \cdot (100 - 19,5)}{100 - 60,0} = 96488,30 \text{ (т/год)}$$

Количество влаги, которая удаляется на фильтр-прессах, составит

$$96488,30 - 47944,50 = 48543,80 \text{ (т/год)}.$$

Для приготовления шликера, кроме свежего сырья, используют возвратные отходы, которые получают во время глазирования (111,75 т / год), сушки (691,22 т / год) и обточки изоляторов (279,00 т / год + 18600,16 т / год).

С этим количеством отходов вносится влага:

- с отходами глазирования и сушки (влажностью 0,5%)

$$(111,75 + 691,22) \cdot 0,005 = 4,01 \text{ (т/год)};$$

- с отходами обточки изоляторов (влажностью 17,0%)

$$(279,00 + 18600,16) \cdot 0,17 = 3209,46 \text{ (т/год)}.$$

Количество отходов в абсолютно сухом весе составит

$$\begin{aligned}802,97 - 4,01 &= 798,96 \text{ (т/год)}, \\18879,16 - 3209,46 &= 15669,70 \text{ (т/год)}. \\798,96 + 15669,70 &= 16468,66 \text{ (т/год)}.\end{aligned}$$

Отходы подлежат роспуску в специальном бассейне. Количество шликера влажностью 60%, который может быть приготовлен из отходов, составляет

$$16468,66 + 16468,66 \cdot 0,6 = 26349,86 \text{ (т/год)}.$$

На приготовление шликера из отходов требуется воды:

$$16468,66 \cdot 0,6 = 9881,20 \text{ (т/год)}.$$

Учитывая, что с отходами вносится влага, воды для роспуска отходов требуется

$$9881,20 - (4,01 + 3209,46) = 6667,73 \text{ (т/год)}.$$

Количество шликера из свежего сырья:

$$96488,30 - 26349,86 = 70138,44 \text{ (т/год)}.$$

Учитывая потери при транспортировке и обогащения, шликера требуется

$$\frac{70138,44 \cdot 100}{100 - 1,0} = 70208,65 \text{ (т/год)}$$

Потери шликера при транспортировке и обогащения:

$$70208,65 - 70138,44 = 70,21 \text{ (т/год)}.$$

С шаровых мельниц должно выйти шликера 70208,65 т/год. В шаровые мельницы необходимо подать:

- воды:

$$70208,65 \cdot 0,6 = 42125,19 \text{ (т/год)};$$

- сырья в абсолютно сухом весе

$$70208,65 - 42125,19 = 28083,46 \text{ (т/год)}.$$

Количество обратного брака – черепка при сортировке, шлифовке, армировании, испытания, на складе составит

$$20,02 + 202,22 + 40,53 + 60,97 + 1069,67 = 1393,41 \text{ (т/год)}.$$

Количество сырья при использовании обратной брака – черепка составит

$$28083,46 - 1393,41 = 26690,05 \text{ (т/год)}.$$

Рецепт массы по сухому сырью (масс. %):

- глина – 22,20;
- каолин – 26,65
- пегматит – 22,32;
- песок – 28,83.

Нужное количество абсолютно сухих материалов:

- глины –

$$26690,5 \cdot 0,2220 = 5925,19 \text{ (т/год)};$$

- каолина –

$$26690,5 \cdot 0,2665 = 7112,90 \text{ (т/год)};$$

- пегматита –

$$26690,5 \cdot 0,2232 = 5957,22 \text{ (т/год)};$$

- песка -

$$26690,5 \cdot 0,2883 = 7694,74 \text{ (т/год)}.$$

Произведем расчет количества материалов с учетом влажности и потерь.

Нужное количество глины с учетом 20% карьерной влажности:

$$5925,19 + 5925,19 \cdot 0,20 = 7110,23 \text{ (т/год)}.$$

С глиной вносится воды –

$$5925,19 \cdot 0,20 = 1185,04 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь при транспортировании, дроблении и на складе, понадобится глины:

$$\frac{7110,23 \cdot 100}{100 - 0,3} = 7131,62 \text{ (т/год)}.$$

Потери глины составят

$$7131,62 - 7110,23 = 21,39 \text{ (т/год)}.$$

Необходимое количество каолина с учетом 18 % влажности

$$7112,90 + 7112,90 \cdot 0,18 = 8393,22 \text{ (т/год)}.$$

С каолином вводится воды

$$8393,22 - 7112,90 = 1280,32 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь материала при транспортировании и на складе, каолина понадобится

$$\frac{8393,22 \cdot 100}{100 - 0,2} = 8410,04 \text{ (т/год)}.$$

Потери каолина составят

$$8410,04 - 8393,22 = 16,82 \text{ (т/год)}.$$

Рассчитаем необходимое количество пегматита с учетом потерь при транспортировании, дроблении и на складе:

$$\frac{5957,22 \cdot 100}{100 - 0,3} = 5975,15 \text{ (т/год)}.$$

Потери пегматита составят

$$5975,15 - 5957,22 = 17,93 \text{ (т/год)}.$$

Необходимое количество песка с учетом 5 % влажности составляет

$$\frac{7694,74 \cdot 100}{100 - 5,0} = 8099,73 \text{ (т/год)}$$

С песком вводится воды

$$8099,73 - 7694,74 = 404,99 \text{ (т/год)}.$$

Учитывая потери при транспортировании и на складе необходимое количество песка составит

$$\frac{8099,73 \cdot 100}{100 - 0,2} = 8115,96 \text{ (т/год)}.$$

Потери песка составляют

$$8115,96 - 8099,73 = 16,23 \text{ (т/год)}.$$

Далее рассчитаем количество воды для шликера.

На приготовление шликера необходимо воды:

$$42125,19 + 6667,73 = 48792,92 \text{ (т/год)}.$$

Учитывая природную влажность сырьевых материалов, воды понадобится

$$48792,92 - (1185,04 + 1280,32 + 404,99) = 45922,77 \text{ (т/год)}.$$

Выполним расчет количества глазури.

Количество глазури в абсолютно сухом весе составляет 684,22 т/год. Глазурной суспензии понадобится (при влажности 50 %) 1368,44 т/год. С учетом потерь при глазуровании, транспортировании и обогащении:

$$\frac{1368,44 \cdot 100}{100 - 0,5} = 1375,32 \text{ (т/год)}.$$

Потери глазури составят:

$$1375,32 - 1368,44 = 6,88 \text{ (т/год)}.$$

В шаровую мельницу необходимо подать абсолютно сухих материалов – 687 т/год, воды – 687,66 т/год.

Шихтовой состав белой глазури (масс. %):

- пегматит – 23,77;
- каолин – 16,00;
- глина – 2,50;
- доломит – 4,90;
- мел – 3,80;
- песок – 27,81;
- черепок – 22,00.

Далее необходимо рассчитать количество сырьевых материалов для глазури.

Количество пегматита:

$$687,66 \cdot 0,2377 = 163,46 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь при складировании, переработки и транспортировки необходимое количество пегматита составит

$$\frac{163,46 \cdot 100}{100 - 0,3} = 163,95 \text{ (т/год)}.$$

Потери пегматита составят

$$163,95 - 163,46 = 0,49 \text{ (т/год)}.$$

Необходимое количество каолина

$$687,66 \cdot 0,16 = 110,03 \text{ (т/год)}.$$

С влажностью 18% каолина необходимо

$$\frac{110,03 \cdot 100}{100 - 18,0} = 134,18 \text{ (т/год)}.$$

С этим количеством каолина, внесется воды

$$134,18 - 110,03 = 24,25 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь при складировании и транспортировании, каолина понадобится:

$$\frac{134,18 \cdot 100}{100 - 0,2} = 134,45 \text{ (т/год)}.$$

Потери каолина составят:

$$134,45 - 134,18 = 0,27 \text{ (т/год)}.$$

Необходимое количество глины в абсолютно сухом весе:

$$687,66 \cdot 0,025 = 17,19 \text{ (т/год)}.$$

С учетом 20 % природной влажности, глины необходимо:

$$\frac{17,19 \cdot 100}{100 - 20,0} = 21,49 \text{ (т/год)}.$$

С глиной вносится воды:

$$21,49 - 17,19 = 4,3 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь при складировании, дроблении, транспортировании глины понадобится:

$$\frac{21,49 \cdot 100}{100 - 0,3} = 21,55 \text{ (т/год)}.$$

Потери глины составляют:

$$21,55 - 21,49 = 0,06 \text{ (т/год)}.$$

Доломита понадобится:

$$687,66 \cdot 0,049 = 33,69 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь при складировании, дроблении и транспортировании необходимое количество доломита:

$$\frac{33,69 \cdot 100}{100 - 0,3} = 33,80 \text{ (т/год)}.$$

Потери доломита составят:

$$33,80 - 33,69 = 0,11 \text{ (т/год)}.$$

Необходимое количество мела составит:

$$687,66 \cdot 0,038 = 26,13 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь при складировании, дроблении и транспортировании:

$$\frac{26,13 \cdot 100}{100 - 0,3} = 26,21 \text{ (т/г)}.$$

Потери мела составят:

$$26,21 - 26,13 = 0,08 \text{ (т/год)}.$$

Необходимое количество абсолютно сухого песка составит:

$$678,66 \cdot 0,2781 = 191,24 \text{ (т/год)}.$$

С учетом влажности песка необходимо:

$$\frac{191,24 \cdot 100}{100 - 5,0} = 201,30 \text{ (т/г)}.$$

С песком вносится воды:

$$201,30 - 191,24 = 10,06 \text{ (т/год)}.$$

Учитывая потери при складировании и транспортировании, понадобится песка:

$$\frac{201,30 \cdot 100}{100 - 0,2} = 201,70 \text{ (т/г)}.$$

Потери песка составят:

$$201,70 - 201,30 = 0,4 \text{ (т/год)}.$$

Необходимое количество черепка:

$$687,66 \cdot 0,22 = 151,28 \text{ (т/год)}.$$

С учетом потерь при складировании, дроблении и транспортировании черепка требуется:

$$\frac{151,28 \cdot 100}{100 - 0,3} = 151,74 \text{ (т/г)}.$$

Потери черепка составят:

$$151,74 - 151,28 = 0,46 \text{ (т/год)}.$$

Количество необходимой технической воды для приготовления глазури с учетом влажности, вносимой с каолином, глиной и песком, составит:

$$687,66 - (24,15 + 4,30 + 10,06) = 649,15 \text{ (т/год)}.$$

Результаты расчета материального баланса представлены в таблице 3.9.

$$\text{Отклонение} = \frac{76937,89 - 76932,53}{76937,89} \cdot 100 = 0,007 (\%).$$

Далее рассчитывают коэффициент потери сырья, как это показано в предыдущем примере.

Таблица 3.9 – Материальный баланс производства изоляторов

Приход	Т/год	Расход	Т/год
Сырье для массы:		Готовая продукция	20000,0
- глина	7131,62	Потери при прокаливании	1414,06
- каолин	8410,04	Удаляемая влага:	
- пегматит	5975,15	- во время обжига	114,61
- песок	8115,96	- после глазурирования	684,22
		- во время сушки	4580,40
		- подвялки изделий	1148,16
		- вылеживании	295,95
		- на фильтр-прессах	48543,80
		Потери шликера	70,21
Сырье для глазури:		Потери глазури	6,88
- пегматит	163,95	Потери сырья во время переработки массы:	
- каолин	134,45	- глины	21,39
- глина	21,55	- каолина	16,82
- доломит	33,80	- пегматита	17,93
- мел	26,21	- песка	16,23
- песок	201,70	Потери сырья во время приготовления глазури	
- черепка	151,74	- пегматита	0,49
		- каолина	0,27
		- глины	0,06
		- доломита	0,11
Вода:		- мела	0,08
- для массы	45922,57	- песка	0,40
- для глазури	649,15	- черепка	0,46
Всего	76937,89	Всего	76932,53

3.9 Выводы

В выводах приводят оценку полученных результатов расчетов, предложения с их использованием; обосновывают технико-экономическую эффективность внедрения, научное и практическое значение выполненной работы. Текст выводов может быть разделен на пункты.

Перечень рекомендованной литературы

1. Волочко, А. Т. Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы / А. Т. Волочко, К. Б. Подболотов, Е. М. Дятлова. – Минск: Белорусская наука, 2013. – 386 с. – ISBN 978-985-08-1640-5. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/29487.html>
2. Расчеты в технологии керамики, стекла и вяжущих материалов: учебное пособие / С.И. Нифталиев, И.В. Кузнецова, Л.В. Лыгина, Е.М. Горбунова. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2019. – 52 с. – ISBN 978-5-00032-426-4. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/95376.html>
3. Салахов, А. М. Керамика для технологов / А. М. Салахов, Р. А. Салахова. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2010. – 234 с. – ISBN 978-5-7882-0913-5. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/61861.html>
4. ГОСТ 7.32-2017 Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 32 с.
5. ГОСТ Р 7.0.5-2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 24 с.

Приложение А

Форма титульного листа индивидуальной работы

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Прикладной экологии и охраны окружающей среды»

Курсовая работа
по дисциплине: «Химическая технология керамики»
на тему: «_____»

Студента (ки) _____ курса,
группы _____

(фамилия и инициалы)

Руководитель _____

(должность, ученое звание, научная степень, фамилия и инициалы)

Национальная шкала _____

Количество баллов: _____

Оценка: _____

Члены комиссии

(подпись)

(фамилия и инициалы)

(подпись)

(фамилия и инициалы)

(подпись)

(фамилия и инициалы)

г. Донецк – 20 ____ год

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
к выполнению курсовой работы по дисциплине
«Химическая технология керамики»**

Составитель:

Беломеря Николай Иосифович – кандидат технических наук, профессор кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

Ответственный за выпуск:

Шаповалов Валерий Васильевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная экология и охрана окружающей среды» ГОУВПО «ДОННТУ».