

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) им. Н.М. Кижнера

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка составов и технологических параметров получения лицевого кирпича объемного окрашивания

УДК 666.714-1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ82	Бороева Наталья Андреевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Вакалова Татьяна Викторовна	д.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
18.04.01 Химическая технология	Казьмина Ольга Викторовна	д.т.н, профессор		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП
18.04.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять глубокие естественно-научные, математические и инженерные знания для создания новых материалов.	Требования ФГОС (ПК–2, 10, 12), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR–ACE и FEANI
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий химического производства для решения междисциплинарных инженерных задач.	Требования ФГОС (ПК–2, 4–7, ОК–4), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1, 5.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR–ACE и FEANI.
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК–2), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR–ACE и FEANI.
P4	Разрабатывать химико–технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на мировом рынке.	Требования ФГОС (ПК–1, 17), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR–ACE и FEANI.
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области создания новых материалов, современных химических технологий, нанотехнологий.	Требования ФГОС (ПК–14–16, ОК–2–6), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR–ACE и FEANI
P6	Внедрять, эксплуатировать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК–1, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR–ACE и FEANI
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности.	Требования ФГОС (ПК–3, 8, 13), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR–ACE и FEANI
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ПК–7, ОК–3) Критерий 5 АИОР (п. 5.3.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR–ACE и FEANI.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ПК–9, ОК–4, 5), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR–ACE и FEANI
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития.	Требования ФГОС (ПК–5, 6, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.3.4, 5.3.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR–ACE и FEANI.
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК–11, ОК–1, 2, 6), Критерий 5 АИОР (5.3.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR–ACE и FEANI, ПС рег. 853 от 19.09.2016.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки (специальность) 18.04.01 – Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) им Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ82	Бороева Наталья Андреевна

Тема работы:

Разработка составов и технологических параметров получения лицевого кирпича объемного окрашивания
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 50-28/с от 19.02.2020 г.
---	----------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2020 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования – глины Уярского и Воронинского месторождений.</p> <p>Цель работы – разработка технологических параметров для получения строительной керамики объемного окрашивания.</p> <p>Используемые материалы – глины Уярского и Воронинского месторождений, окрашивающие оксидные добавки.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературных источников; 2. Постановка цели и задач исследования; 3. Выбор и описание методов исследования; 4. Анализ исходных данных; 5. Экспериментальные исследования для получения керамического материала на основе исследуемых глин Уярского и Воронинского месторождений; 6. Анализ полученных результатов и оценка дальнейших перспектив развития работы.
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в MS PowerPoint:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Характеристика исходного сырья; - Результаты экспериментов; - Выводы по работе.
--	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицына Любовь Юрьевна
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Иностранный язык	Токмашев Денис Михайлович

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:
Литературный обзор

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.04.20
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Вакалова Татьяна Викторовна	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ82	Бороева Наталья Андреевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ82	Боревой Наталье Андреевне

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Н.М. Кижнера
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.01 – Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<p><i>Бюджет проекта – не более 150 тыс. руб;</i></p> <p><i>Затраты на материалы – не более 10 тыс. руб.;</i></p> <p><i>Затраты на заработную плату исполнителей – не более 120 тыс. руб.;</i></p> <p><i>Затраты на накладные расходы – не более 5 тыс. руб;</i></p> <p><i>Затраты на оборудование – не более 15 тыс. руб.</i></p>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<p><i>Расчетные величины материалов, сырья и оборудования научно-технического проекта. Значение показателя интегральной ресурсоэффективности - не менее 3,6 баллов из 5,0.</i></p> <p><i>Значение показателя сравнительной эффективности вариантов исполнения не менее 1 балла.</i></p>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Упрощенная система налогообложения, премиальный и районный коэффициенты, коэффициент доплат и надбавок, заработная плата по тарифной ставке.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИИ</i>	<i>Расчет основной заработной платы, баланс рабочего времени, общая стоимость оборудования и материалов, отчисления во внебюджетные фонды.</i>
--	--

2. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования.</i>
--	---

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НИИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. FAST анализ
5. Матрица SWOT
6. Диаграмма Исикавы
7. Иерархическая структура работ по научно-исследовательскому проекту
8. График проведения и бюджет НИИ
9. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	3.03.2020
--	-----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицина Любовь Юрьевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ82	Бороева Наталья Андреевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ82	Бороевой Наталье Андреевне

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Получение объемноокрашенного керамического кирпича	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p style="text-align: center;"><i>Объект исследования – лицевой керамический кирпич. Рабочая зона – завод по производству керамического кирпича. Технология производства кирпича включает в себя следующие стадии: измельчение сырьевых материалов, дозировка и смешивание, формование, сушка и обжиг готовых изделий. Области применения – строительство.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p>Правовое обеспечение и организационные мероприятия согласно ГОСТ 12.4.299-2015 и ТК РФ от 30.12.2001 N 197ФЗ:</p> <ul style="list-style-type: none"> • режим рабочего времени, отдыха, технического перерыва; • обеспечение работников средствами индивидуальной защиты. <p>Законодательные и нормативные документы по теме:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ГОСТ 12.1.005-88. 2. ГН 2.2.5.686-98. 3. ГОСТ 12.3.002-2014. 4. ГОСТ 12.0.003-74. 5. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. 6. СанПиН 2.2.4.548-96. 7. ГОСТ 12.1.002-84. 8. ГОСТ 12.0.004-90. 9. ГОСТ 17.1.3.06-82 10. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. 11. ГОСТ Р 22.0.01-2016. 12. НПБ 105-03.
<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Выявить вредные факторы при производстве керамического кирпича: запыленность помещений, наличие производственного шума и вибраций, микроклимат, освещенность. Рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • требования к технике безопасности при работе с электрооборудованием;

	<ul style="list-style-type: none"> • влияние трудового процесса: шум, вибрации, физические перегрузки. • предлагаемые средства защиты для работы на производстве: коллективная (вытяжки, вентиляция); индивидуальные средства защиты: маски, респираторы, спецодежда, перчатки. <p>Выявить опасные факторы, относящиеся к оборудованию: электрический ток, короткое замыкание, термические ожоги, механические повреждения. Предлагаемые средства защиты: перчатки, ухваты, спецодежда.</p>
3. Экологическая безопасность:	<p>Рассмотреть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • выбросы вредных веществ в атмосферу: соединения серы, оксидов азота, углекислый газ; • химическое загрязнение водотоков в результате промывки оборудования в канализационную сеть: взвешенные твердые частицы (например, глина и нерастворимые силикаты) и микропримеси органических веществ; • необходимость осуществлять отдельный сбор и хранение отходов, таких как бой керамического кирпича очажные остатки в печах (шамот), подвергать их переработке или утилизации. • Утилизация ТБО, люминесцентных ламп, металлоконструкции (замена сломанного оборудования).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Определить перечень наиболее возможных ЧС: пожар, взрыв, разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества. Наиболее актуальная ЧС – возникновение пожара. Рассмотреть профилактические мероприятия, требования к безопасности и меры по ликвидации её последствий:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. использование огнетушителей, песка, пожарного крана и пожарного щита; 2. обеспечение средствами индивидуальной защиты; 3. организационная эвакуация работников.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ82	Бороева Наталья Андреевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 126 _____ с., _____ 29 _____ рис., _____ 50 _____ табл.,
_____ 52 _____ источников, _____ 1 _____ прил.

Ключевые слова: строительная керамика, объемное окрашивание, легкоплавкое глинистое сырье, пластичное формование, оксидные окрашивающие добавки.

Объектом исследования являются глины Уярского и Воронинского месторождений.

Цель работы – исследование влияния красящих добавок на изменение цвета и свойств керамических образцов.

В процессе исследования проводились эксперименты по выявлению оптимального количества красящих оксидов.

В результате исследования изучено комплексное влияние используемых красящих добавок на формирование физико-механических и декоративных свойств образцов пластичного формования.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: гранулометрический состав, прочность на сжатие, водопоглощение, огневая усадка.

Степень внедрения: НИОКР

Область применения: строительство жилых помещений

Экономическая эффективность/значимость работы _____ использование технологии объемного окрашивания керамики на базе местных глин позволяет получить качественный материал без дефектов и без увеличения себестоимости.

В будущем планируется _____ дальнейшая разработка составов для получения керамики заданного цвета и параметров. _____

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	10
1 Литературный обзор	12
1.1 Характеристика сырьевых материалов для получения строительной керамики.....	12
1.1.1 Характеристика глинистого сырья для получения керамического кирпича	15
1.1.2 Особенности химико-минералогического и зернового состав глинистого сырья.....	17
1.1.3 Характеристика технологических свойств легкоплавкого глинистого сырья.....	19
1.2 Характеристика непластичного сырья в технологии керамического	кирпича
.....	21
1.3 Особенности технологии строительной керамики отделочного назначения	22
1.4 Физико-химические процессы, протекающие при нагревании керамических масс для получения лицевого керамического кирпича.....	26
1.5 Способы улучшения декоративных свойств отделочной стеновой керамики	29
1.6 Способы регулирования цвета керамических масс для получения.....	объемноокрашенного керамического кирпича
.....	30
2 Методы исследования.....	34
2.1 Рентгенофазовый анализ	34
2.2 Определение гранулометрического состава сырьевых материалов	35
2.2.1. Определение гранулометрического состава глинистого сырья пипеточным методом.....	37
2.5 Определение прочности на сжатие керамических образцов.....	40
2.6 Термический анализ.....	41

3. Разработка технологических параметров получения керамики объемного окрашивания на основе легкоплавкого глинистого сырья	44
3.1. Требования к глинистому сырью для получения строительной керамики	44
3.2 Исследование химико-минералогического состава исходного глинистого сырья.....	45
3.2.1. Гранулометрический состав исследуемого сырья.....	46
3.2.2 Химический состав исследуемых глинистых пород	47
3.2.3 Диагностика минералогического состава исследуемых глин рентгеновским методом.....	50
3.3 Исследование технологических свойств исследуемых глинистых пород	53
3.3.1. Пластические свойства исследуемого глинистого сырья	53
3.3.2 Поведение исследуемых глин в сушке	54
3.3.3 Поведение исследуемых глин в обжиге.....	55
3.3.4 Исследование влияния добавок на спекаемость керамических масс	59
3.4 Исследование влияния пигментных добавок на формирование окраски в объеме керамики на основе легкоплавкого глинистого сырья	64
3.4.1 Физико-механических свойства керамических образцов.....	70
ВЫВОДЫ.....	73
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	77
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	77
4.2 Анализ конкурентных технических решений.....	78
4.3 FAST анализ.....	80
4.4 Диаграмма Исикавы.....	82
4.5 SWOT-анализ.....	83
4.6 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	84
4.7 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	86

4.8	Инициация проекта	86
4.9	Планирование управления научно-техническим проектом.....	89
4.9.1	Иерархическая структура работ проекта.....	89
4.9.2	Контрольные события проекта.....	90
4.9.3	План проекта.....	91
4.10	Бюджет научного исследования	92
4.10.1	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	93
4.10.2	Расчет амортизационных отчислений:	93
4.10.3	Расчет основной заработной платы	94
4.10.4	Накладные расходы	97
4.11	Определение ресурсной эффективности проекта.....	98
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	104
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	104
5.2	Производственная безопасность.....	105
5.3	Анализ вредных факторов при разработке составов глин	106
5.3.1	Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	106
5.3.2	Повышенный уровень шума.....	107
5.3.4	Отклонения показателей микроклимата.....	109
5.3.5	Недостаточная освещенность помещений	110
5.3.6	Психофизические факторы	112
5.3.7	Опасные факторы при эксплуатации оборудования	113
5.4	Экологическая безопасность.....	115
5.4.1	Защита атмосферы	115
5.4.2	Защита гидросферы	116
5.4.3	Защита литосферы	117
5.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	118
	Заключение	120
	Список использованных источников:	122
	Приложение А	127

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на появление на рынке строительных материалов новых изделий, керамический кирпич остается востребованным из-за доступности сырья, относительно невысокой стоимости и экологичности. Он используется не только для кладки стен, но и как отделочный материал.

К рядовому керамическому кирпичу предъявляется ряд требований, таких как, прочность, водопоглощение, морозостойкость. Однако если он используется в качестве облицовочного материала, то помимо вышеперечисленных, также строго регламентируются: геометрия и формы изделий, цвет и отсутствие дефектов на поверхности, цветоустойчивость.

Следуя современным тенденциям на архитектурно-декоративном рынке, многие предприятия направляют усилия на расширение цветовой гаммы выпускаемых изделий. Например, в настоящее время актуально получение кирпича темных оттенков. Важным условием является использование глин и суглинок местных месторождений, чтобы избежать увеличения себестоимости изделий.

Основными сырьевыми материалами являются легкоплавкие глины и суглинки, которые содержат в своем составе большое количество различных примесей. Многие из них в процессе обжига из-за различных химических процессов меняют цвет обожженного черепка. Например, оксид железа может окрашивать керамику от светло-желтых до красных оттенков.

В связи с этим для получения изделий различных оттенков были разработаны методы декорирования, которые можно разделить на поверхностные и объемные.

Недостатками поверхностных методов является их недолговечность. Поскольку главной особенностью является нанесение декорирующего слоя только на лицевую поверхность изделия.

Объемное окрашивание осуществляется путем ввода в шихту различных красящих добавок. В результате изделия окрашены по всему объему равномерно, что значительно увеличивает их срок службы. Кроме того, многие добавки оказывают комплексное действие, улучшая физико-механические свойства получаемых изделий.

Чтобы предприятиям соответствовать современным архитектурным тенденциям и получать изделия с улучшенными свойствами необходимо внедрять технологию керамического кирпича объемного окрашивания.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Характеристика сырьевых материалов для получения строительной керамики

Сырьевые материалы для производства строительной керамики представлены пластичным и непластичным компонентами. Под пластичным компонентом понимают глины, которые ввиду своего происхождения характеризуются непостоянством состава. В связи с этим, для получения качественных изделий сырьевая масса нуждается в корректировке. Для этого используют непластичные компоненты, назначение которых – улучшение технологических свойств керамических масс.

Глины – осадочная горная порода, состоящая из гидроалюмосиликатов, характеризующаяся тонкодисперсностью, способностью образовывать пластичное тесто при затворении водой, а также приобретающую прочность камня после обжига. Состоят из глинистого вещества и примесей. Наиболее ценной для керамического производства является именно глинистая часть. Она представлена глинистыми минералами, чаще всего каолинитом, монтмориллонитом и гидрослюдой [1].

Каолинит ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) – основа беложгущихся огнеупорных глин. Имеет двухслойный пакет открытого типа, состоящий из тетраэдрического и октаэдрического слоев с плотным строением и межплоскостным расстоянием 0,72 нм. Имеет неподвижную кристаллическую решетку, поэтому не способен прочно удерживать присоединенную воду. Вследствие чего характеризуется малой адсорбционной способностью и пластичностью. Также почти не реагирует на кислоту. Размер частиц каолинита составляет 0,003 – 0,001 мм, он мало чувствителен к сушке и обжигу. Каолинитовые глины распространены в огнеупорной промышленности [1-3].

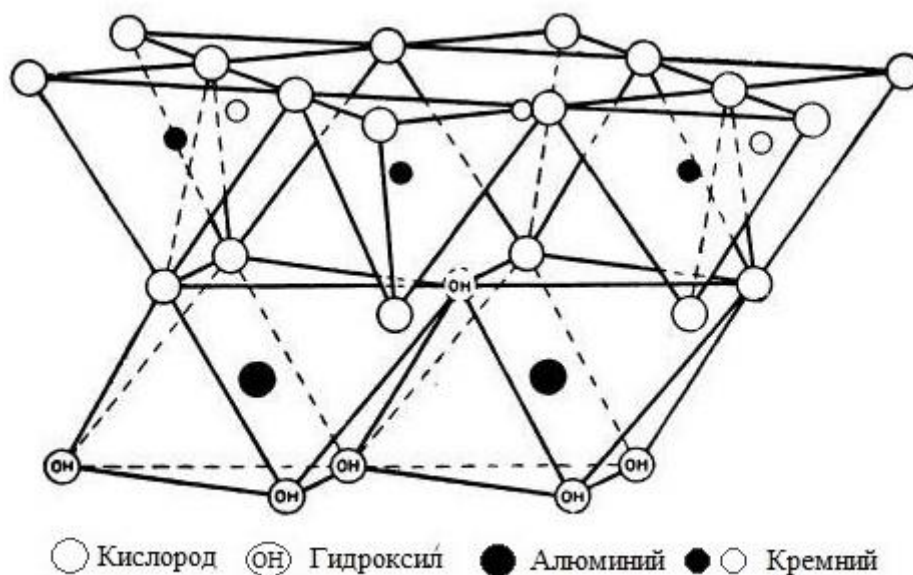
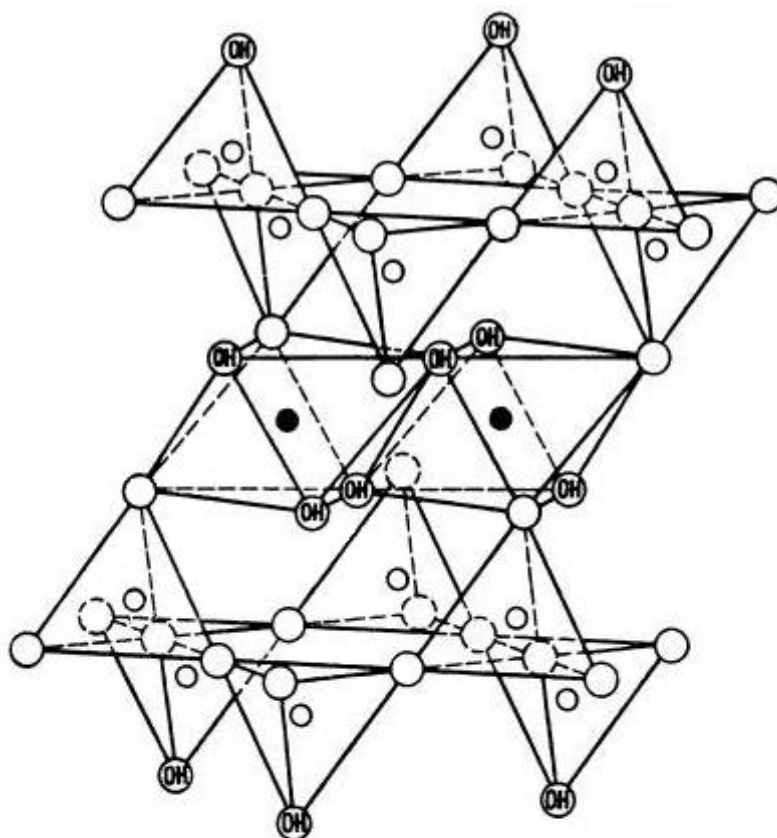
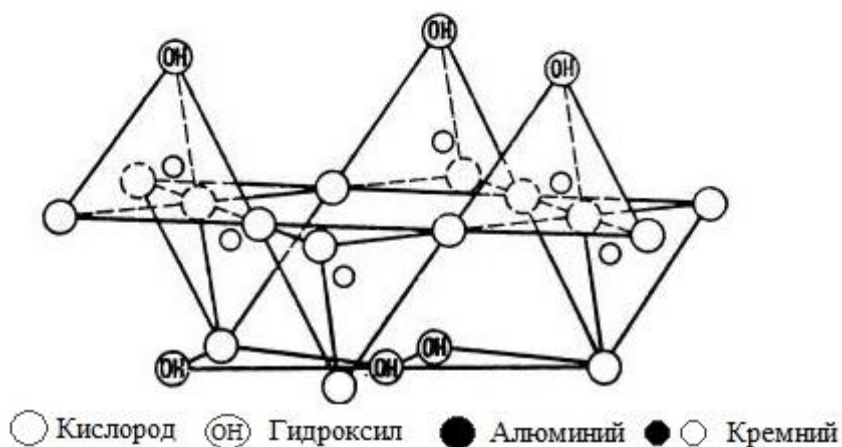


Рисунок 1.1 – Структура кристаллической решетки каолинита

Монтмориллонит ($Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$) является основой бентонитовых глин. Кристаллическая решетка представляет трехслойный пакет закрытого типа, включающий два тетраэдрических и один октаэдрический слой, с межплоскостным расстоянием 0,9-2,14 нм. Однако, из-за слабой связи между пакетами межплоскостное расстояние может увеличиться. Это происходит из-за внедрения молекул воды и катионов примесей, которые вклиниваются между слоями. Благодаря этому монтмориллонитовые глины используются как адсорбирующие вещества в нефтепромышленности, медицине и т.д [4-6].



Обменные катионы; молекулы воды



○ Кислород ○(OH) Гидроксил ● Аллюминий ● ○ Кремний

Рисунок 1.2 – Кристаллическая структура монтмориллонита

Для монтмориллонитовых глин характерны размер частиц меньше 1 мкм, пластичность, сильная чувствительность к операциям сушки и обжига.

Иллит (гидрослюда) – $0,2R_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 \cdot 1,5H_2O \cdot nH_2O$ – входит в состав как легкоплавких, так и огнеупорных глин. Структурный пакет такой же, как и у монтмориллонита, но часть ионов кремния Si^{+4} в тетраэдрическом

слое замещена ионами алюминия Al^{+3} . Недостаток зарядов сбалансирован ионами калия. Межплоскостное расстояние составляет примерно 0,1 нм. По способности присоединять воду гидрослюда находится в промежуточном положении между каолинитом и монтмориллонитом. Размеры частиц составляют 1 мкм ($\sim 0,001$ мм) [7].

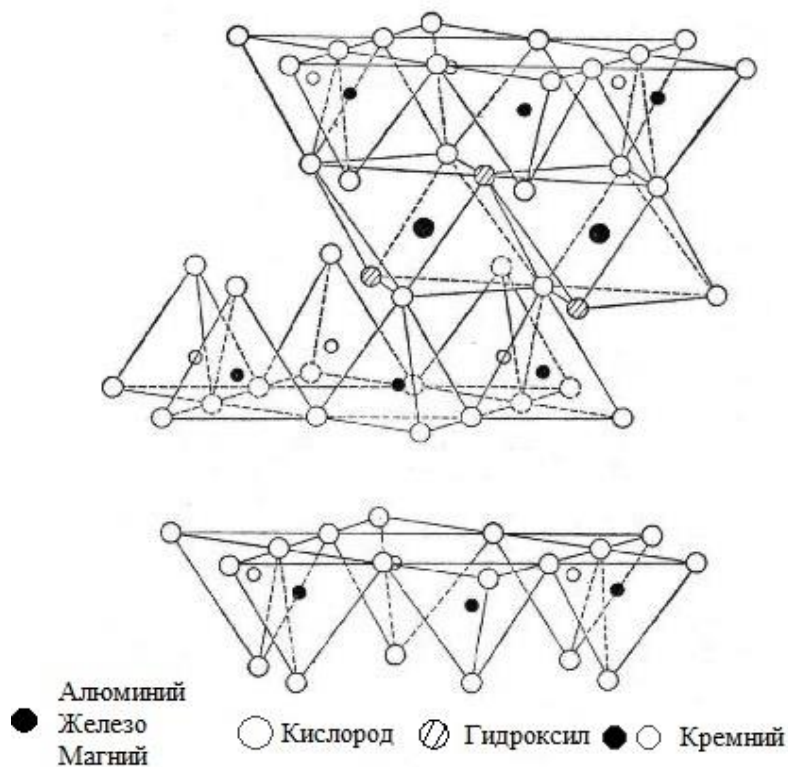


Рисунок 1.3 – Кристаллическая структура гидрослюда

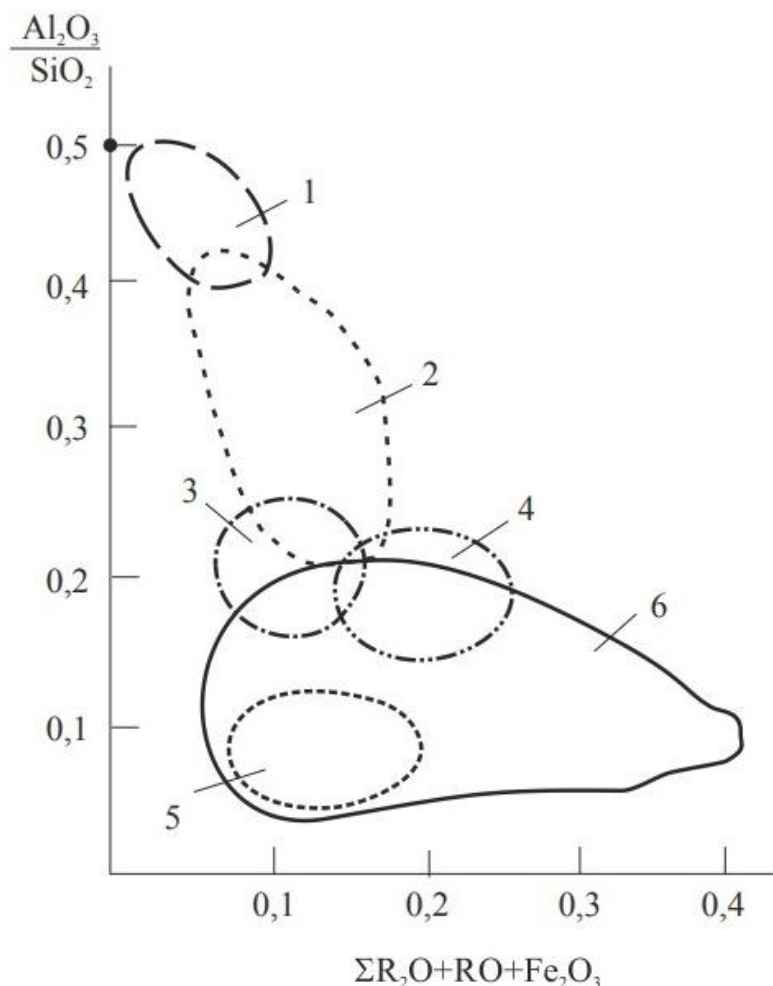
Кроме глинообразующих минералов в состав глин входят различные примеси, такие как кварцевые, железистые, карбонатные, органические.

1.1.1 Характеристика глинистого сырья для получения керамического кирпича

Основным видом сырья для получения керамических стеновых материалов служат легкоплавкие глинистые породы. В производстве изделий предпочтительными являются глины с умеренной пластичностью, небольшой

(3-4%) усадкой в обжиге и малым коэффициентом чувствительности к сушке [8].

Используемые глины являются полиминеральными, состоящими из смеси нескольких минералов, отличающимися по текстуре, зерновому и химическому составам [9].



- 1 - каолины и глины для производства огнеупорных материалов;
- 2 - глины для производства плиток для пола, канализационных труб, кислотоупоров, керамического камня;
- 3 - гончарные и терракотовые глины;
- 4 - глины черепичные;
- 5 - глины клинкерные;
- 6 - кирпичные глины, включающие участки 5, 4 и 3.

Рисунок 1.4 – Диаграмма А.И. Августиника

Однако не все легкоплавкие глины обладают благоприятными для производства изделий свойствами. Поэтому в зависимости от свойств исходного сырья на производстве корректируют составы шихт, способы подготовки и переработки применяемых для производства масс.

1.1.2 Особенности химико-минералогического и зернового состав глинистого сырья

Химический состав глин колеблется в широких пределах и зависит от минерального состава и наличия примесей. Установлено, что чем больше в глине глинистых частиц, тем масса более технологична.

Основными компонентами глин являются оксиды кремния, алюминия и титана, оксид и закись железа, оксиды щелочноземельных и щелочных металлов [10].

Диоксид кремния является кислым оксидом, с температурой плавления 1728 °С. В составе глин встречается в связанном виде, входит в состав глинистых минералов. В свободном виде (кварцевый песок) относится к примесям, отощая глину, ухудшая процесс спекания, увеличивая пористость изделий и уменьшая их прочность. При температуре 573 °С происходят полиморфные превращения кварца, сопровождающиеся объемными изменениями [11].

Оксид алюминия (глинозем) аморфный оксид, с температурой плавления 2050 °С. Из-за своей высокой активности, алюминий в природе встречается только в связанном виде [12]. В глинах бывает в свободном виде (гидраты оксида алюминия, бокситы, нефелины, в виде силикатов глинозема), в связанном виде – в составе глинообразующих минералов. Повышает механическую прочность изделий, увеличивая температуру огнеупорности и спекания.

Диоксид титана является красящим оксидом, может придавать изделиям серые и темно-серые оттенки. В свободном виде содержится в глинах от 1,5-

2,5%. В связанном в виде минерала рутила. Помимо красящего действия способствует снижению температуры огнеупорности и образованию расплава.

Оксид железа является природной примесью, находится в глинах в виде железосодержащих минералов: пирита, марказита, сидерита, гематита, магнетита и лимонита. Оказывает негативное действие на свойства изделий. Снижает температуру огнеупорности, окрашивает изделия от светло-желтых до красно-коричневых оттенков.

Оксиды щелочноземельных металлов (кальция и магния) являются оксидами высшей огнеупорности, с температурами плавления 2625 и 2825°C соответственно. В глиняных массах присутствуют в виде карбонатов, образуют легкоплавкие эвтектики, снижая температуру спекания, способствуют образованию пор (за счет выделения углекислого газа).

Оксиды щелочных металлов вносятся вместе со слюдами, полевыми шпатами (ортоклаз и альбит). Снижают температуру огнеупорности и спекания, параллельно ослабляя красящее действие оксидов-примесей.

Органические примеси окрашивают глины в исходном состоянии в темно-серые тона. В процессе обжига выгорают, однако, находясь в коллоидном состоянии связывают большое количество воды, «стягивая» поверхность сформованного изделия, что в процессе сушки приводит к образованию трещин.

Гранулометрический состав глин показывает процентное содержание частиц различного размера в глинистой породе. Зерновой состав глин представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Гранулометрический состав глин

Тип глин	Размер частиц, мм					
	Более 0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	Менее 0,001
Огнеупорные	0-5	0-15	1-16	1-25	4-33	45-86

Тугоплавкие	0,5-15	0,5-1,5	2-27	0,5-16	4-34	18-80
Легкоплавкие	0,2-19	0,5-18	9-55	4-24	6-25	10-50

В производстве изделий стеновой керамики используются полидисперсные глины, которые по размеру содержащихся частиц можно разделить на: песчаную фракцию (1-0,05 мм); пылеватую фракцию (0,05-0,005 мм) и глинистые частицы (<0,005 мм).

1.1.3 Характеристика технологических свойств легкоплавкого глинистого сырья

Эксплуатационные свойства керамики определяются не только химическим и минералогическим составами, но и технологическими свойствами сырья.

Определение данных свойств является первостепенной задачей, поскольку для получения качественных изделий, необходимо знать поведение керамических масс. Испытания проводятся согласно ГОСТ 21216-2014 [13].

Пластичность глинистого сырья характеризует способность массы принимать и держать заданную форму. Известно, что пластические свойства глин зависят от их минерального состава и дисперсности частиц. Так, глины монтмориллонитового состава являются более пластичными, чем каолинитовые. Для регулирования пластичности используют, например, тонкий помол сырья или добавку непластичных материалов и др.

При этом свойство глинистого сырья сохранять пластичность при добавлении непластичного компонента, называется связующей способностью глины. Так же в качестве непластичных добавок могут использоваться поверхностно-активные вещества, такие как сульфитно-спиртовая барда, технический ЛСТ и др. [14]. Использование ПАВ характерно для производства изделий из искусственного сырья, отличающегося отсутствием примесей.

Помимо пластических свойств сырья важными являются сушильные свойства. Основным показателем служит чувствительность глины к сушке. Она также зависит от происхождения глин, минералогического и зернового составов и определяет способность сырца противостоять внутренним напряжениям, которые развиваются в процессе сушки.

По степени чувствительности, в зависимости от времени, по истечению которого на образцах (плитках размеров 50×50×5 мм) появляются первые трещины, разделяют на следующие классы:

- глины высокой чувствительности – менее 100 с;
- глины средней чувствительности – 100-150 с;
- глины малой чувствительности – более 150 с.

Глины с низким уровнем чувствительности применяют для производства кирпича, керамики, фаянса, фарфора и других материалов.

Для изделий, сформованных пластическим методом характерно явление воздушной усадки. Оно характеризуется уменьшением линейных размеров из-за удаления адсорбционной воды при температуре не выше 100 °С. Определяется разницей линейных размеров до и после сушки. Величина воздушной усадки прямо пропорциональна числу пластичности. Т.е., чем больше усадка, тем более чувствительно глинистое сырье к сушке. Величину усадки можно корректировать путем добавок непластичных компонентов или регулировкой режимом сушки.

Упрочнение и уплотнение материала происходит в процессе обжига изделий. Приобретение изделием прочностных свойств происходит в процессе спекания. Его оценку проводят по значениям кажущейся плотности, водопоглощения и пористости изделий.

По степени спекания классифицируются на три группы (таблица 1.2). Изделия строительной керамики, в частности керамический кирпич, спекают до водопоглощения 6-8%. Это связано с тем, что строительная керамика должна обладать теплоизоляционными свойствами.

Таблица 1.2 – Классификация глин по степени спекаемости

Группа глинистого сырья	Водопоглощение образца без признаков пережога, %
Сильноспекающиеся	менее 2
Среднеспекающиеся	от 2 до 5
Неспекающиеся	более 5

Огнеупорностью называют свойство керамических материалов и изделий противостоять воздействию высоких температур, не расплавляясь. Классификация глин по огнеупорности приведена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Классификация глинистого сырья в зависимости от огнеупорности

Наименование групп	Показатель огнеупорности, °С
Огнеупорные	>1580
Тугоплавкие	от 1350 до 1580
Легкоплавкие	< 1350

Показателем огнеупорности является температура, при которой образец из данного материала, имеющий форму трехгранной усеченной пирамиды, деформируется под влиянием собственной тяжести, касаясь при этом своей вершиной керамической подставки.

1.2 Характеристика непластичного сырья в технологии керамического кирпича

Как уже было описано ранее, глины характеризуются непостоянством состава и большим количеством примесей. Для получения качественных изделий в большинстве случаев необходимо добавление непластичных компонентов.

Поскольку усадка глин при сушке и обжиге значительна и может достигать до 20-25% у высокопластичных глин, производство изделий из керамических масс с большой усадкой сопряжено со многими трудностями. Поэтому, в состав керамических масс вводят отошители. В технологии строительной керамики в большинстве случаев используют кварцевый песок. Он характеризуется высокой температурой плавления, что не позволяет ему вступать в реакции с компонентами шихты и тем самым предотвращать усадку и растрескивание изделий в процессах сушки и обжига.

Если исходное глинистое сырье характеризуется малой пластичностью, то к нему добавляют пластифицирующие добавки, которые способствуют улучшению формовочных и сушильных свойств изделий. В качестве добавок применяют высокопластичные глины, различные ПАВ и электролиты. [15]

Флюсующие добавки вводятся с целью уменьшения температуры обжига. Это достигается благодаря взаимодействию плавней (бой тонкомолотого стекла, шлаки, огарки и т.д.) с глинистым сырьем. В результате чего образуются легкоплавкие соединения, способствующие появлению жидкой фазы при более низких температурах.

Порообразующие или выгорающие добавки вводят с целью увеличения пористости изделий, с целью получения стеновых теплоизоляционных материалов. В качестве добавок традиционно используются опилки, уголь каменный, антрацит, торфяная пыль. Также известны технологии с использованием растительных отходов сельскохозяйственной переработки [16].

1.3 Особенности технологии строительной керамики отделочного назначения

Технология производства стеновой керамики включает следующие операции: подготовка сырьевых компонентов, формование, сушка и обжиг.

В зависимости от выбора способа формования различают метод пластического и полусухого формования. Принципиальным различием является подготовка формовочной массы. В первом случае – это глиняное тесто с влажностью от 18 до 22 %, во втором – пресс порошок с влажностью от 8 до 12%.

Выбор способа изготовления в первую очередь определяются характеристикой исходного сырья. Вторым немаловажным аспектом является возможность приобретения технологического оборудования.

В большинстве случаев [17] в производстве строительного кирпича применяют метод пластического формования. Это обусловлено тем, что при данном методе возможно получение изделий различных форм, пустот и размеров. Добыча сырья, его хранение и последующие технологические операции одинаковы для всех способов производства. Технологическая схема производства керамического кирпича пластическим способом представлена на рисунке 1.5.

Для разрушения природной текстуры глину предварительно обрабатывают на рыхлительной машине. Затем ее подают на вальцы грубого помола. Приготовление массы для формования производят в одно- или двухвальном смесителе, куда для увлажнения и улучшения формовочных свойств массы подают горячую воду или пар, а также корректирующие добавки. Формовочная влажность массы должна быть в пределах 18-23% [18].

Тщательно переработанную массу формируют на горизонтальных вакуумных ленточных прессах при давлении 0,2-0,5 МПа. Вакуумирование массы способствует повышению ее плотности, пластичности, улучшает формовочные и конечные свойства кирпича.

Резку выходящего из пресса бруса осуществляют специальными струнными резательными автоматами, которые, как правило, входят в комплект автомата-укладчика.

Сушку заготовок до влажности 7-9% обычно проводят в камерных или туннельных сушилках по обычным (40-70 ч) или скоростным (15-40 ч) режимам.

Обжиг кирпича является важнейшей технологической операцией, во время которой происходит ряд сложных физико-химических процессов. Осуществляется процесс спекания, формируется прочное керамическое изделие.



Рисунок 1.5 – Технологическая схема производства керамического кирпича пластическим способом

1.4 Физико-химические процессы, протекающие при нагревании керамических масс для получения лицевого керамического кирпича

В процессе обжига керамических изделий происходят различные физико-химические реакции: термическое разложение сырьевых компонентов, появление эвтектики, полиморфные превращения, растворение твердых веществ в расплаве. Перечисленные процессы способствуют образованию новых кристаллических фаз и соединений.

Целью обжига является осуществление процесса спекания. В результате чего происходит формирование прочного, плотного керамического тела.

Условно процесс спекания можно разделить на 4 стадии:

1. Стадия припекания – характеризуется пористостью материала, частицы создают контакты между собой, но границы между ними сохраняются.

2. Происходит обособление фаз материала и «пустоты». Частицы сливаются друг с другом, замкнутых пор не образуются.

3. Создание и заростание замкнутых пор. Открытые поры отсутствуют.

4. Удаление закрытых пор. Образование плотноспеченного керамического тела.

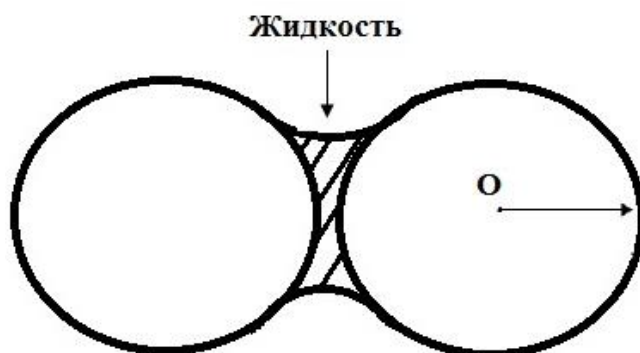


Рисунок 1.6 – Стягивание двух твердых сферических частиц при жидкофазном спекании

В зависимости от вида исходного сырья спекание может происходить по двум известным механизмам.

Жидкофазное спекание происходит при температуре 1200–1400°C с участием расплава. Это характерно для керамики на основе природного сырья. Образующийся при обжиге расплав смачивает твердые частицы, входящие в состав спекаемого изделия, и стягивает их под действием сил поверхностного натяжения (рисунок 1.6). Возможно два варианта спекания с участием жидкой фазы: отсутствие химического взаимодействия расплава с твердой фазой, и растворение твердых частиц либо их химическое взаимодействие.

Для твердофазного спекания 1600–1700°C, характерно отсутствие расплава. Таким способом получают техническую керамику на основе синтетического сырья.

Для производства изделий строительной керамики обжиг проводят при температурах 1000–1150°C. Это связано с тем, что используемые глины являются легкоплавкими, т.е. образование новых фаз и упрочнение изделий происходит при более низких температурах.

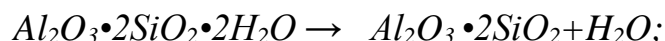
Процессы спекания описаны в трудах многих ученых (Я.И. Френкель, Б.Я. Пинес, Я.Е. Гегузин, В.А. Ивенсен, Г.К. Кучинский, У.Д. Кингери, Р.Л. Кобл, Д.Е. Бурке и др.).

Процессы, протекающие при обжиге природного сырья, сложно классифицировать. Поскольку используемые глины являются полиминеральными и фазовые превращения изменяются в зависимости от количественного соотношения слагающих глину минералов.

*Физико-химические процессы, протекающие при нагревании
керамических масс:*

1. 200-400 °С – горение органических примесей из глинистых минералов, разложение гидратов из примесей;

2. 400-600°C – дегидратация глинистых минералов, т.е. удаление химически связанной воды:



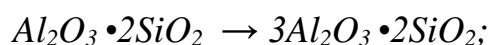
Полиморфизм кварца $\alpha \rightarrow \beta$ при температуре 573 °С.

Схема полиморфного превращения кварца представлена на рисунке 1.7.

3. 600-800°C – разложение карбонатов:



4. 800-1000°C – образование муллита в скрытокристаллической форме:



Разложение кальцита при температуре 920 °С:



5. Выше 1000°C – образование расплава, дальнейшая кристаллизация муллита, формирование твердофазного каркаса.

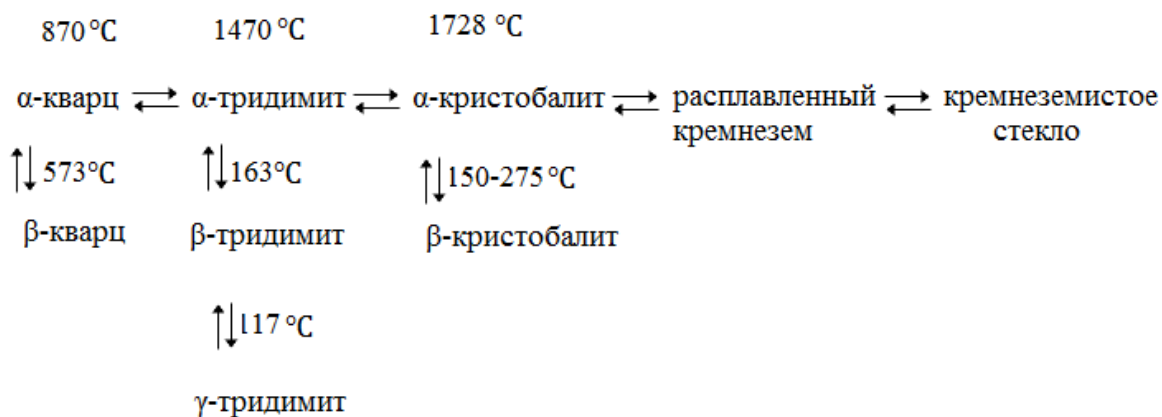


Рисунок 1.7 – Схема полиморфных превращений кварца в равновесных условиях (по Феннеру).

Все модификации кварца могут быть распределены на два типа: стабильные и метастабильные. К стабильным относятся β -кварц (устойчив до 573°C), α -кварц (573-870°C), α -тридимит (870-1470°C) и α -кристобалит (1470-1728°C). К метастабильным относятся: γ -тридимит (ниже 120°C), β -тридимит (120-163°C) и β -кристобалит (ниже 230°C).

Для глин каолинито-гидрослюдистого состава образование муллита может происходить при температурах 1000-1050°C. При обжиге глин каолинито-монтмориллонитового муллита образуется при температурах 1000-1150 °C. Температура образования зависит от соотношения каолинита и монтмориллонита, а также от содержания примесей [19].

1.5 Способы улучшения декоративных свойств отделочной стеновой керамики

Поскольку лицевой керамический кирпич является материалом для наружной и внутренней отделки, то его внешний вид – одно из основных требований, предъявляемых потребителем [20-21].

Цвет черепка в основном определяется составом исходного сырья. В зависимости от количества различных примесей он может варьироваться от светло-желтого до темно-красного. Для улучшения декоративных свойств изделий были разработаны различные методы [22-24]. Их можно разделить на две группы: поверхностные и объемные.

К поверхностным методам относятся: ангобирование, глазурирование, пропитка поверхностного слоя и т.д.

Объемный способ отличается тем, что красящие добавки вводятся непосредственно в шихту, за счет чего получают изделие, окрашенное во всем объеме.

Одним из главных преимуществ объемного способа окрашивания является его экономичность, так как данная технология производства может быть применена к технологии действующих предприятий. Также в качестве красителей могут быть использованы отходы различных отраслей промышленности. Отличительное преимущество лицевого кирпича объемного окрашивания – в его долговечности по сравнению с двухслойным, ангобированным или глазурированным кирпичом.

1.6 Способы регулирования цвета керамических масс для получения объемноокрашенного керамического кирпича

Согласно исследованиям [25-33] наибольшее распространение в качестве окрашивающих добавок получили марганцевая руда и оксиды марганца, железная руда и оксид железа, хромитовая руда, диоксид титана.

В качестве красящего оксида на заводах России наиболее широко распространена марганцевая руда. В зависимости от исходного состава сырья и количества добавки можно получить кирпич от светло- до темно-коричневого цвета.

Установлено, что для интенсивного объемного окрашивания массы марганцевую руду следует измельчать в шаровой мельнице до тонкости помола, характеризуемой остатком на сите 0,063 мм не более 5%, и вводить ее в шихту в виде шликера. Добавка марганцевой руды снижает водопоглощение и повышает прочность обожженных изделий. Однако, согласно исследованию [34] введение более 2 мас. % марганецсодержащего компонента отрицательно сказывается на физико-механических свойствах образцов.

Показано, что окраска изделий определяется образованием в процессе обжига минерала гаусманита, представляющего собой оксид марганца Mn_3O_4 .

Для интенсификации окраски и повышения прочности лицевого кирпича могут применяться низкосортные железные и болотные руды. Вводить эти руды рекомендуется в количестве 3-8% при тонкости помола менее 0,2 мм в виде шликера. Для интенсификации окраски кирпича можно также добавлять в глиномассу хлористое железо и железный купорос.

Известно [35], что добавки оксида железа или железосодержащих компонентов, позволяют получать изделия с водопоглощением 10% при температурах 1000-1050 °С.

Для получения красного однотонного цвета изделий целесообразно вводить в массу железную руду в количестве 10-20 кг на 1000 шт кирпича.

Интенсивность цвета при этом зависит от степени помола руды и характера газовой среды при обжиге.

Тонкомолотый гематит Fe_2O_3 следует вводить в глиномассу в количестве до 10% в виде шликера, содержащего в 1л 0,8-0,95 кг сухого материала.

В качестве красителя для изготовления лицевого кирпича красного цвета применяется оксид железа, который сравнительно недорог и используется в больших количествах. С целью повышения эффективности его применения на кирпичных заводах рекомендуется высокая тонкость помола, малое содержание обесцвечивающих оксидов кальция и магния в основном глинистом сырье и наличие окислительной среды при обжиге изделий в печи.

Установлено, что интенсивность окраски изделий с вводом оксида железа повышается при увеличении температуры обжига и содержания Al_2O_3 в глине.

Ввод в шихту Fe_2O_3 обеспечивает получение в окислительной среде печи кирпича однотонного красного цвета, а в восстановительной среде – серо-голубого. Прочность кирпича красного цвета несколько меньше, чем серо-голубого.

Тонкомолотый гематит, введенный в глину, при обжиге изделий в окислительной среде до 900°C дает светло-красный цвет черепка. Повышение температуры обжига до 1000-1100°C приводит к рекристаллизации и укрупнению зерен гематита, что обуславливает потемнение окраски черепка от светло-красного до темно-красного и фиолетового тонов.

Показано, что при повышении температуры обжига Fe_2O_3 не вступает во взаимодействие с кремнеземом, но частично реагирует с FeO , образуя магнетит Fe_3O_4 .

Для получения интенсивной красной окраски кирпича в глиняную массу вместе с тонкомолотым гематитом вводят небольшое количество недорогих и

доступных, легкорастворимых солей железа. При их разложении в процессе обжига вокруг глинистых частиц образуются тонкие железистые оболочки.

В качестве красителя применяют тонкомолотые железные руды. Цвет и интенсивность окраски зависят от степени измельчения руды, характера глины (светло- или красножгущаяся), температуры обжига и среды в печи. На 1000 шт кирпича расходуется 22-100 кг железной руды. Постоянством состава и подготовки шихты обеспечивается получение кирпича с однотонной окраской.

Смесь хромитовой и марганцевой руд применяется для расширения возможного спектра цветов – от светло-серого до темно-коричневого и даже черного.

Хромитовая руда сравнительно недавно начала использоваться в качестве окрашивающей добавки и находит все более широкое применение для получения одинаковой и равномерной окраски изделий.

Для получения кирпича темных оттенков возможно использование смеси оксидов-хромофоров переходных металлов. Так, например, оксид кобальта используется в керамической и стекольной промышленности для придания изделиям синего цвета [36]. Однако, при нагревании оксид кобальта II переходит в черный оксид кобальта III. Известно, использование смеси оксидов кобальта, железа, марганца или меди для получения огнеупорной черной краски [37].

Таблица 1.4– Влияние добавок на цвет керамики

Добавка	Количество	Условия введения	Температура и условия обжига	Цвет
Оксид марганца	не более 2 мас %	В виде шликера	950-1100 °С	От светло- до темно-коричневого

Оксиды железа	Болотные и железные руды	3-8%	Тонина помола менее 0,2 мм; в виде шликера	1000-1100 °С, окислительная среда	Красный, темно-красный
	Гематит Fe_2O_3	до 10%	В виде шликера	900°С, окислительная среда	Светло-красный
				1000-1100°С, окислительная среда	Темно-красный, фиолетовый
				t = 1000-1050 °С восстановительная среда	Серо-голубой

2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Рентгенофазовый анализ

РФА – является методом физического анализа для элементного определения исследуемых веществ. Особенностью данного метода является осуществление не только качественного, но и количественного анализа.

Метод РФА основан на анализе характеристического спектра вторичного излучения исследуемой пробы, который возникает из-за жесткого рентгеновского излучения. Расшифровка данных РФА заключается в изучении полученной дифракционной картины. Характеристические линии указывают на качественный состав пробы. Измерение интенсивности линий позволяет оценить количественную концентрацию веществ. Для количественной оценки используется уравнение Вульфа – Брэгга:

$$2d\sin\theta = n\lambda,$$

где d – межплоскостное расстояние, нм;

θ – угол падения луча, град.;

λ – длина волны монохроматического излучения, нм;

n – целое число (порядок отражения).

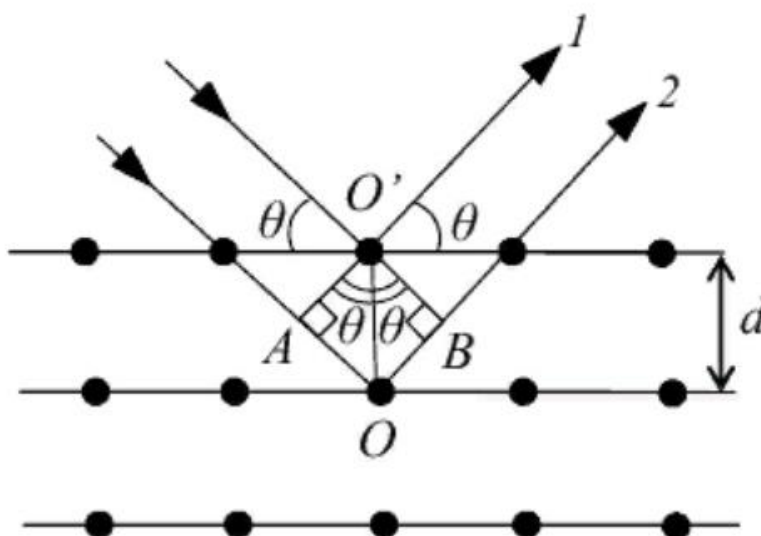


Рисунок 2.1 – Схема падения и отражения рентгеновского луча по Бреггу

Чтобы определить фазовый состав исследуемого материала необходимо рассчитать величину межплоскостного расстояния d и относительную интенсивность рефлекса на рентгенограмме. Длина волны λ заданная и постоянная величина.

Для определения вещественного состава исследуемого материала необходимо сравнить табличные значения рентгеновских пиков «эталоны» – чистого материала и исследуемого вещества.

Рентгенографическое исследование (РФА) минералогического и фазового состава исследуемых веществ были проведены с помощью дифрактометра ДРОН-3,0. Расшифровка данных была проведена с использованием компьютерной программы *Cristallographica Search-Match*.

2.2 Определение гранулометрического состава сырьевых материалов

Для определения средних размеров частиц исследуемых проб существует множество технических процедур и лабораторных методов.

Наиболее распространенными являются: ситовой анализ, метод двойного отмучивания, пипеточный метод, ареометрический метод и полевой метод Рутковского. В данной работе гранулометрический состав определяли ситовым методом.

Ситовой анализ используется, чтобы оценить частицы исследуемой пробы или вещества по размерам. В технологии строительной керамики дисперсность является определяющим параметром, которую материал выполняет в использовании. Данный вид анализа может быть применён к любому типу неорганических или органических дисперсных материалов, включая такие как пески, щебни, глины, гранит, полевые шпаты, угли, почвы,

широкий спектр производимых порошков, зерна и семена, до минимального размера в зависимости от точности способа.



Рисунок 2.2 – Ситовой анализатор

Методика проведения:

Определение гранулометрического размера частиц проводится на пробе дисперсного вещества. Типичный ситовой анализатор представлен на рисунке 2.2.

Отобранную навеску засыпают в верхнее сито с самыми большими отверстиями в сетке. Каждое последующее сито в колонне имеет меньшие отверстия, чем предыдущее. В основании – круглый поддон, который называется приёмником. Колонну помещают в механический вибратор. Он трясёт колонну в течении фиксированного количества времени. После завершения встряхивания на каждом из сит остается материал, который

впоследствии взвешивается на весах. Полученное значение масс с каждого сита делят на общую массу исследуемой пробы. Затем проводится анализ средних размеров частиц на каждом из сит. На основе этого анализа определяют точку отсечения определенного диапазона размеров частиц, которые остались на сетках сита. Результаты ситового анализа используются для составления свойств дисперсного материала и проверки его пригодности в различных областях промышленности. Например, выбор соответствующего материала для различных бетонных и битумных смесей, а также для предсказания некоторых технологических свойств глинистых пород. Результаты данного анализа обычно представляют в виде графиков для определения типа градации дисперсного материала.

2.2.1. Определение гранулометрического состава глинистого сырья пипеточным методом

Метод пипеточного анализа состоит в подготовке суспензии из исследуемого материала с равномерным его распределением по всему объему. По прошествии определенного количества времени оседания суспензии проводится ее отбор с заданной глубины. В отобранной пробе определяют содержание твердой фазы.

После тщательного перемешивания жидкости и исследуемого дисперсного вещества концентрация суспензии во всем объеме будет одинаковой. После прекращения перемешивания и движения суспензии в сосуде частицы материала будут оседать. Скорость оседания будет пропорциональной квадрату диаметра частиц.

Прибор для проведения пипеточного анализа, изображен на рисунке 2.3. Он состоит из укрепленной на треноге штанги с вращающимся вокруг нее столиком. На верхнюю часть штанги нанесена градуировка на миллиметры. С помощью винта на штанге укреплена подвижная муфта, служащая для установки пипетки на определенную высоту. Вокруг штанги на столике

размещено от четырех до шести цилиндров 6 емкостью 1 л каждый. Для перемешивания суспензии в цилиндрах пользуются стеклянной палочкой с резиновым наконечником. Отбор пробы производится с помощью пипетки. Верхняя часть ее изогнута и снабжена притертым краном. Отверстия для всасывания суспензии расположены возле нижнего запаянного конца пипетки на стенках трубки. Для того чтобы набрать суспензию в пипетку водоструйный насос используется как аспиратор. С пипеткой аспиратор соединяется с помощью каучуковой трубки со вставленным в середину ее трехходовым краном. Вода из аспиратора поступает через трубку с зажимом в приемный сосуд.

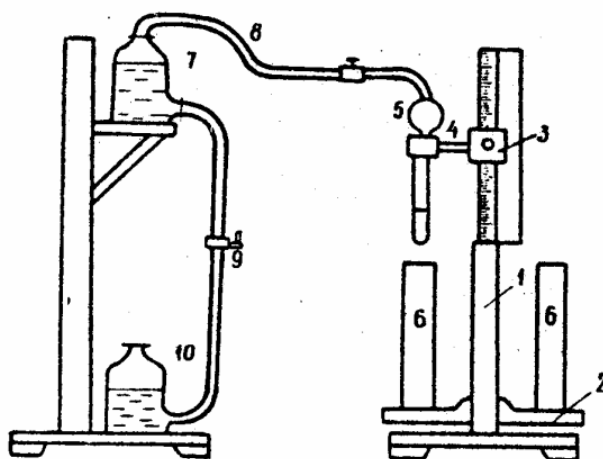


Рисунок 2.3 – Схема прибора для пипеточного анализа:

1 – штанга, 2 – вращающийся столик, 3 – укрепляющий винт, 4 – подвижная муфта, 5 – пипетка, 6 – цилиндр, 7 – аспиратор, 8 – трубка, 9 – зажим, 10 – приемный сосуд.

Отбор проб производят следующим образом: в цилиндр, с заранее нанесенной на него меткой, аккуратно, чтобы не встряхнуть суспензию, опускают пипетку. В момент забора пробы у сливной трубки аспиратора открывают зажим, а у трубки, соединяющей пипетку с аспиратором,

открывают трехходовый кран. После набора в пипетку суспензии, закрывают зажим на трубке и трехходовой кран на трубке. Затем вынимают пипетку из цилиндра и обтирают ее снаружи полотенцем. Открыв 3х-ходовой кран на трубке (соединявший пипетку с воздухом), пробу выливают во взвешенную сухую фарфоровую чашку. Чтобы глинистые частицы не оставались на стенках пипетки, ее промывают дистиллированной водой, а затем промывную воду сливают в чашку к пробе. Суспензию в фарфоровой чашке выпаривают на песчаной бане. После этого остаток высушивают до постоянной массы при 105–110 °С и взвешивают на весах.

2.3 Определение воздушной и огневой усадки образцов из керамических масс

Огневую линейную усадку определяют по изменениям линейных размеров образцов 50 x 50 x 10 мм, после обжига.

Расчет производится по следующей формуле:

$$l_{\text{огн}} = \frac{d_1 - d_2}{d_1} \cdot 100,$$

где d_1 – расстояние на отформованных образцах, мм;

d_2 – расстояние на отформованных образцах, после обжига, мм.

2.4 Определение водопоглощения обожженных изделий

Для насыщения вакуумированием сухие взвешенные образцы помещают в вакуумную ячейку (рисунок 2.3), присоединенную к вакуум-насосу.

После откачки воздуха (остаточное давление 15 - 20 мм рт. ст.) ячейку соединяют с сосудом, содержащим воду или керосин. Под действием разрежения жидкость поступает в сосуд, насыщая поры образцов. Когда образцы покроются слоем жидкости, ее прекращают подавать, отключают

вакуум-насос и ячейку соединяют с атмосферой. Образцы, насыщенные жидкостью, на воздухе и в погруженном состоянии, взвешивают на гидростатических весах.

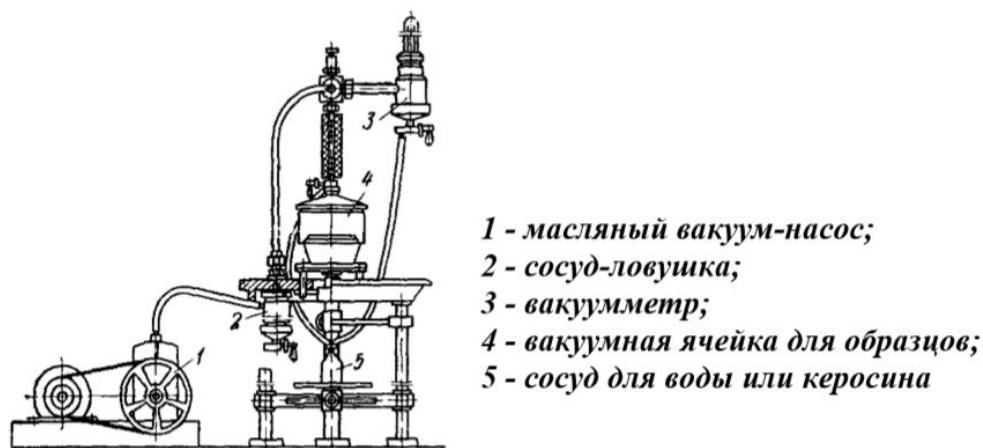


Рисунок 2.3 – Устройство для насыщения пор образцов жидкостью

Величину водопоглощения подсчитывают с точностью до 0,1% по формуле:

$$B = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100,$$

где m – масса сухого образца при взвешивании на воздухе, г;

m_1 – масса насыщенного жидкостью образца при взвешивании на воздухе, г.

2.5 Определение прочности на сжатие керамических образцов

Прочность на сжатие – это максимальное сжимающее напряжение, которое выдерживает образец до разрушения. Для ее оценки изготовленные исследуемые образцы разрушают на специальных установках (прессах).

Исследуемые для анализа образцы – кубики, обожженные при разных температурах. Для определения площади они измеряются штангенциркулем. При установке образца-кубика на плиту пресса необходимо учитывать

возможные перекосы образца, поэтому испытания проводят на опоре полусферической формы. Во время испытаний на образец сверху и снизу укладывают прокладки из материала, который легко деформируется (картон, резина, алюминий, медь и др.), которые в свою очередь устраняют действие перекосов, различных неровностей и многих других дефектов поверхности исследуемого образца. Для проведения испытаний отбирают кубики без видимых дефектов, измеряют линейные размеры, как указано выше. При испытании образец-кубик устанавливается в центре нижней плиты пресса и прижимается верхней плитой пресса, которая должна плотно прилегать ко всей верхней грани кубика. При подаче нагрузки необходимо соблюдать постоянную скорость нагружения вплоть до появления первых признаков разрушения образца, в момент которого по манометру пресса фиксируют разрушающее (максимальное) напряжение.

Максимальное разрушающее напряжение при сжатии определяют по формуле:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{S} \cdot 0,1,$$

где P – показания манометра, кгс/см²;

S – площадь поперечного сечения образца, см².

2.6 Термический анализ

Дифференциальный термический анализ (ДТА) основан на регистрации разности температур исследуемого вещества и инертного образца сравнения – «эталоны» при их одновременном нагревании или охлаждении. Принципиальная схема установки изображена на рисунке 2.4.

Важным дополнением к ДТА является термогравиметрический метод анализа, основанный на измерении массы исследуемого вещества. Кривые потери массы позволяют более точно охарактеризовать количественную сторону протекающих процессов.

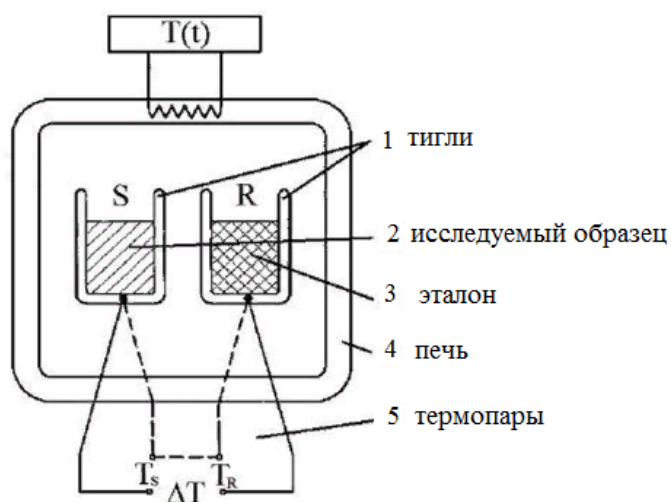


Рисунок 2.4 – Схема установки ДТА

Для проведения анализа необходимо подготовить пробу. Образец должен быть однородным, в случае твердых фаз необходимо измельчить его до порошкообразного состояния. Затем исследуемое вещество и «эталон» в тиглях устанавливаются в печь.

После проведения анализа необходимо расшифровать полученные термограммы (рисунок 2.5). При расшифровке кривых ДТА необходимо фиксировать:

1. название образца, принадлежность его к той или иной группе материалов, веществ;
2. отсутствие или наличие на кривой ДТА термических эффектов;
3. количество зарегистрированных термических эффектов, их тепловой знак, интервал температур, в котором они протекают, и последовательность их расположения;
4. интенсивность, форму и соотношение амплитуд эффектов в пределах данной термограммы.

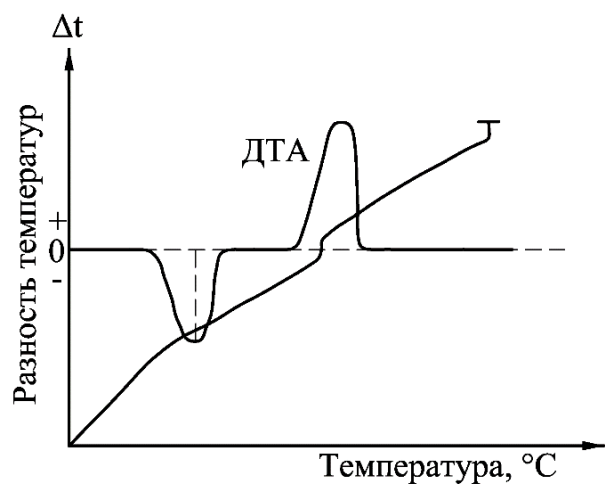


Рисунок 2.5 – Пример кривой ДТА

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Основной продукт, получаемый в ходе научно-исследовательской работы – керамический кирпич. Благодаря своим свойствам (прочность, морозостойкость, экологичность, стоимость) керамический кирпич является распространенным материалом в строительстве. Применяется для возведения несущих и самонесущих стен и перегородок, одноэтажных и многоэтажных зданий и сооружений, внутренних перегородок, облицовки, заполнения пустот в монолитно-бетонных конструкциях, наружной части дымовых труб.

Лицевой керамический кирпич востребован не только в промышленном строительстве для возведения жилищно-гражданских, промышленных, общественных объектов, но и в частном строительстве, для постройки домов, гаражей, ограждений и т.д. Небольшую долю покупателей также составляют реставрационные фирмы.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка по виду применения материала.

		Вид изделия		
		Керамический облицовочный кирпич	Рядовой кирпич	Крупноформатный камень
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Малые			
	Продукция необходима потребителю		Продукция не востребована потребителем	

Согласно карте сегментирования, наибольшим спросом пользуется рядовой керамический кирпич. Он применяется на производствах различного

масштаба, однако его архитектурно-декоративные свойства не позволяют использовать в качестве декоративного материала. По этой причине он уступает лицевому кирпичу.

Поскольку на сегодняшний день актуальным является вопрос удешевления производства облицовочных керамических материалов без потери прочностных и архитектурных свойств, то в ближайшее время, он станет более доступным для малых предприятий.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, представленной в таблице 4.2.

В производстве строительных существует множество технологий для декорирования изделий. На сегодняшний день наиболее распространенными являются технологии поверхностного нанесения глазурованного покрытия и технология редуционного обжига.

Б_ф – объемное окрашивание керамики (НИ ТПУ);

Б_{к1} – поверхностное нанесение – ангоб;

Б_{к2} – технология редуционного обжига.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Время производства	0,08	3	4	4	0,24	0,32	0,32

2. Удобство в эксплуатации (соответствие требованиям потребителей)	0,06	5	3	3	0,30	0,18	0,18
3. Теплоизоляционная способность	0,08	4	3	5	0,32	0,24	0,40
4. Энергоэкономичность	0,05	5	4	5	0,25	0,20	0,25
5. Надежность	0,04	5	4	2	0,20	0,16	0,08
6. Простота производства	0,06	4	3	3	0,24	0,18	0,12
7. Безопасность	0,1	4	2	2	0,40	0,20	0,20
8. Потребность в ресурсах	0,1	5	3	2	0,50	0,30	0,20
9. Простота эксплуатации	0,05	4	3	4	0,20	0,15	0,20
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,09	3	4	5	0,27	0,36	0,45
2. Уровень проникновения на рынок	0,06	4	4	4	0,24	0,24	0,24
3. Цена	0,08	4	4	1	0,32	0,32	0,08
4. Предполагаемый срок выпуска	0,04	3	3	4	0,12	0,12	0,16
5. Срок выхода на рынок	0,05	3	4	4	0,15	0,20	0,20
6. Наличие сертификации разработки	0,06	3	4	3	0,18	0,20	0,18
Итого	1	59	52	51	3,93	3,37	3,26

Кф – объемное окрашивание;

К_{к1} – ангобирование;

К_{к2} – редуционный обжиг.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

K_1 – Декоративные свойства кирпича.

K_2 – Теплоизоляционные свойства.

Полученные данные таблицы $x+1$, показывают хорошую конкурентоспособность получаемого продукта. Получаемый продукт удобен в эксплуатации, используемые сырьевые материалы не токсичны.

4.3 FAST анализ

Целью НИР является разработка составов керамических масс для получения строительной керамики с повышенными декоративными функциями. Следовательно, объектом анализа является лицевой керамический кирпич.

Таблица 4.3 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование детали	Выполняемая функция	Ранг функции		
		Главная	Основная	Вспомогательная
Лицевой керамический кирпич	Возведение зданий	+		
	Декорирование		+	
	Теплоизоляция			+

Для определения значимости выполняемых функций объектом необходимо построить матрицу смежности (табл.4.4). Необходимо отметить, что «=» – функции одинаковы по значимости, «<» и «>» обозначают более и менее значимые функции.

Таблица 4.4 – Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3
Функция 1	=	>	>
Функция 2	<	=	>
Функция 3	<	<	=

На втором этапе матрица смежности преобразовывается в матрицу количественных соотношений функций (табл.4.5). для этого зададимся следующими значениями: «=» – 1, «<» и «>» по 0,5.

Таблица 4.5 – Матрица количественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Итого
Функция 1	1	1,5	1,5	4
Функция 2	0,5	1	0,5	2
Функция 3	0,5	0,5	1	2
				8

Определение значимости функции:

Функция 1 = 0,5;

Функция 2 = 0,25;

Функция 3 = 0,25.

Таблица 4.6 – Анализ стоимости функции

Наименование детали	Выполняемая функция	Норма расхода, кг	Трудоемкость детали, нормо-ч	Стоимость материала, руб	Заработная плата, руб	Себестоимость, руб
Лицевой керамический кирпич	Возведение зданий	4,8	0,2	360	130	490
	Декоративная	3,6	0,081	480	130	510
	Теплоизоляционная	3,6	0,081	480	130	510

Информация, полученная в предыдущих пунктах, визуализируется в виде диаграммы (рис.4.1).



Рисунок 4.1 – Функционально-стоимостная диаграмма

Анализ диаграммы показал диспропорцию между функциями 2,3 и затратами на их выполнение. Функции 2 и 3 – это декоративная и теплоизоляционная. В качестве мер по оптимизации затрат можно предложить следующие:

- улучшение действующих технологий производства;
- использование более дешевого сырья без потери свойств изделий;
- автоматизация процессов производства.

Однако, получение изделий с декоративными свойствами из более дешевого сырья – пока невозможно. Изученные исследования показали, что невозможно достичь удешевление себестоимости продукта и получение удовлетворительной цветовой гаммы строительной керамики.

4.4 Диаграмма Исикавы

Для выявления различных причинно-следственных связей был использован метод диаграмм Исикавы.

Диаграмма Исикавы — это способ позволяет графически изображать исследования и определения, с помощью которых можно выразить взаимосвязей между факторами и последствиями какого-нибудь проекта, ситуации, проблемы. С помощью данной диаграммы были рассмотрены все факторы данной работы.

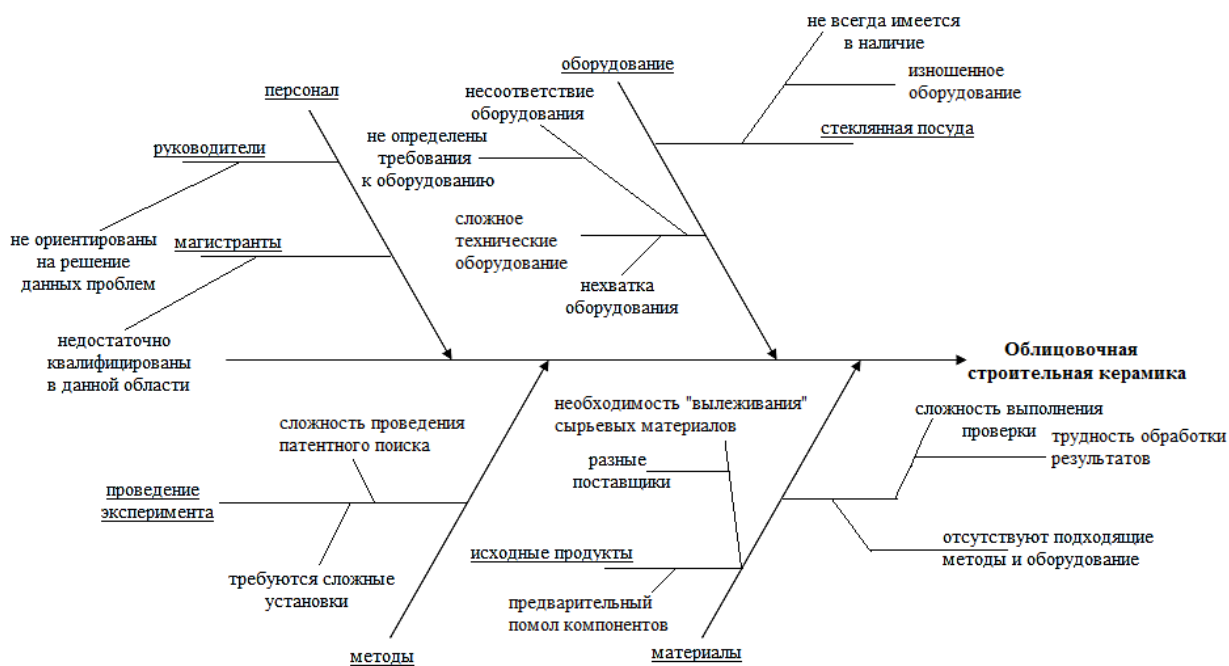


Рисунок 4.2 – Диаграмма Исикавы

4.5 SWOT-анализ

Используют для исследования внешней и внутренней среды проекта

Таблица 4.7 – SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> Изготовление недорогого теплоизоляционного материала Простота эксплуатации Экологичность 	<p>научно-исследовательского проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> Отсутствие промышленного оборудования для апробации разработки Большие энергозатраты на производство

		3. Небольшой рынок сбыта из-за конкуренции с большими зарубежными фирмами
Возможности: 1. Производство новых видов продукции 2. Снижение цен на выпускаемую продукцию 3. Участие в тендерах	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности» 1. Разработка новой технологии производства или декорирования керамического кирпича	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности» 1. Увеличение объема производства 2. Создание новых видов керамических масс (шихт)
Угрозы: 1. Появление большого количества конкурентов 2. Отсутствие спроса на новую продукцию 3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукта	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы» 1. Совершенствование метода получения продукции 2. Создание спроса на новую технологию производства 3. Сертификация товара	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» 1. Апробация технологии 2. Совершенствование технологии в соответствии с конкурентными преимуществами

По полученной таблице можно сделать следующие выводы: возможности совместно с сильными сторонами благоприятствуют развитию рынка и спроса на производимый товар, ввиду увеличения качества продукции; возможные угрозы при производстве, такие как отсутствие спроса и развитая конкуренция, могут сильно ослабить позиции данного предприятия на рынке, но совместно с сильными сторонами оно создает спрос на новую продукцию и совершенствование технологии производства.

4.6 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения. Для этого была

заполнена специальная таблица, которая содержит показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта.

Таблица 4.8 – Оценка готовности проекта к коммерциализации

п/п	Наименование	Степень проработанности научно-го проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	4	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	51	48

Оценка готовности научного проекта (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется согласно следующей формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

Значение $B_{\text{сум}}$ составило 51 и 48, что свидетельствует о перспективности данной разработки, показатель которой является выше средней. Данная разработка перспективна и практически готова к коммерциализации. Однако, существует необходимость дополнительной проработки стратегий внедрения данной технологии в рынок.

4.7 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Коммерциализация продукта, полученного в ходе данного научно-исследовательского проекта, осуществляется несколькими путями:

1) торговлей патентными лицензиями, а именно продажей разработок третьим лицам;

2) с помощью организации совместных предприятий, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Торговля патентными лицензиями приведет к сотрудничеству с зарубежными странами. Данный фактор способствует повышению эффективности исследования, осуществлению технологического и научно-технического обмена, а также обмена опытом в области исследования.

Совместное предприятие приведет к привлечению в страну передовых технологий, управленческого опыта, дополнительных материальных и финансовых ресурсов.

4.8 Инициация проекта

С целью определения нового проекта или новой фазы существующего выполняется инициация. В рамках данных процессов определяются изначальные цели и содержание, а также фиксируются изначальные финансовые ресурсы.

По данному научно-техническому исследованию необходимо определение внутренних и внешних заинтересованных стороны проекта, которые влияют на его общий результат. Для данного научного исследования определены заинтересованные группы (табл. 4.9), изначальные цели и результаты (табл. 4.10), а также рабочая группа проекта (табл.4.11).

1. Цель и результат проекта.

Данный раздел основывается на информации о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта, а также критериях достижения поставленных целей.

Таблица 4.9 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научный руководитель	Разработка составов керамических масс для получения лицевой строительной керамики с улучшенными декоративными свойствами
Магистрант	

Таблица 4.10 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Разработка составов масс для получения облицовочного кирпича
Ожидаемые результаты проекта:	Разработка технологии для получения керамических изделий с улучшенными декоративными свойствами
Критерии приемки результата проекта:	Воспроизводимость технологии на действующих заводах.
Требования к результату:	Требование:
	Разработанная технология должна быть нацелена на получение качественных изделий.
	Технология должна быть доступной для внедрения на производствах

2. Организационная структура проекта.

На данном этапе рассматриваются такие аспекты, как рабочая группа данного проекта, роль каждого участника в данном проекте, а также функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в данном научно-исследовательском проекте.

Таблица 4.11 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, место работы, должность	Функции в проекте	Основные обязанности
1.	Вакалова Т.В., профессор НОЦ Н.М. Кижнера	Руководитель проекта	Осуществление детального планирования проекта; предоставление информации для создания и актуализации планов работ; контроль сроков выполнения научных работ по проекту
2.	Бороева Н.А., магистрант	Исполнитель проекта	Выполнение научного проекта
3.	Спицына Л. Ю., доцент	Консультант раздела «Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение»	Оказание методической помощи при работе над разделом «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» в магистерской диссертации.
4.	Романцов И.И., доцент	Консультант раздела «Социальная ответственность»	Оказание методической помощи при работе над разделом «Социальная ответственность»
5.	Токмашев Д.М., доцент	Консультант – лингвист	Оказание методической помощи при работе над переводом одной из глав магистерской диссертации на иностранный язык

3. Ограничения и допущения проекта.

К ограничениям проекта относятся все факторы, которые могут снизить степень свободы участников команды проекта, а к «границам проекта» – параметры проекта или его продукта, реализация которых не будет осуществлена в рамках данного исследования. В таблице 4.12 представлены факторы и ограничения данного проекта.

Таблица 4.12 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	-
3.1.1. Источник финансирования	-
3.2. Сроки проекта:	20.09.2019 – 5.06.2020
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	.09.2019
3.2.2. Дата завершения проекта	1.06.2020

3.3. Прочие ограничения и допущения*	Не имеются
--------------------------------------	------------

В рамках раздела инициации были определены изначальные цели и финансовые ресурсы, а также заинтересованные стороны проекта, действия которых направлены на достижение общего результата. Также был проведен анализ всех ограничительных факторов проекта.

4.9 Планирование управления научно-техническим проектом

4.9.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ основывается на детализации укрупненной структуры работ. В ходе создания данной структуры осуществляется планирование научного проекта, которое состоит из процессов определения цели работы, разработки последовательности действий и общего содержания работы необходимых для достижения определенных целей.

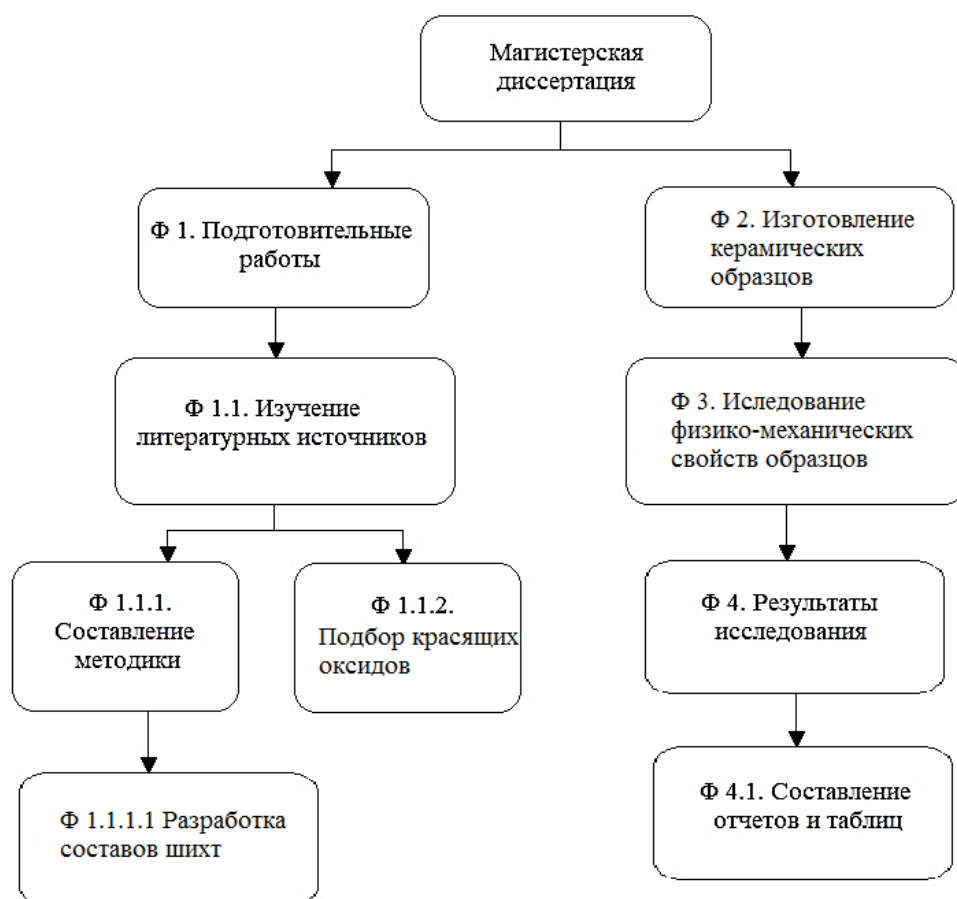


Рисунок 4.3 – Иерархическая структура работ по научно-исследовательскому проекту

4.9.2 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела были определены ключевые события, их даты и результаты, которые должны быть получены по состоянию на указанный период (табл. 4.13).

Таблица 4. 13 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат
1.	Изучение литературных источников	25.09.2019 – 01.12.2019	Литературный обзор
2.	Работа над магистерской диссертацией	04.12.2019 – 30.04.2020	Разработка составов масс для получения объемноокрашенной керамики
3.		01.05.2020 – 02.06.2020	Готовая магистерская диссертация

4.9.3 План проекта

В рамках планирования данного исследования были построены календарный и сетевой графики проекта.

Таблица 4.14 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1.	Литературный обзор	46	25.09.2019	29.11.2019	Бороева Н.А.
2.	Разработка составов шихт	10	02.12.2019	13.12.2019	Бороева Н.А., Вакалова Т.В.
3.	Анализ исходных глин и оксидов	50	16.12.2019	21.02.2020	Бороева Н.А.
4.	Изготовление керамических образцов	35	24.02.2020	10.04.2020	Бороева Н.А.
5.	Исследование физико-механических свойств образцов	10	13.04.2020	24.04.2020	Бороева Н.А.
6.	Анализ результатов	4	27.04.2020	30.04.2020	Бороева Н.А., Вакалова Т.В.
7.	Составление отчета	25	04.05.2020	02.06.2020	Бороева Н.А., Вакалова Т.В.
8.	Защита работы	1	15.06.2020	15.06.2020	Бороева Н.А.
		181			

Таблица 15– Календарный план-график проекта

Код работы	Виды работ	Исполнители	Т, кал, дн.	Продолжительность выполнения работ																																	
				сентябрь			октябрь			ноябрь			декабрь			январь			февраль			март			апрель			май			июнь						
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3							
1.	Литературный обзор	Инженер (магистрант)	46				■	■	■	■	■	■	■																								
2.	Разработка составов шикт	Руководитель Инженер (магистрант)	10									■	■	■																							
3.	Анализ исходных глин и оксидов	Инженер (магистрант)	50											■	■	■	■	■	■	■	■	■															
4.	Изготовление керамических образцов	Инженер (магистрант)	35																														■	■	■	■	
5.	Исследование свойств	Инженер (магистрант)	10																																	■	■
6.	Анализ результатов	Руководитель Инженер (магистрант)	4																																■	■	■
7.	Составление отчета	Руководитель Инженер (магистрант)	25																																■	■	■
8.	Защита работы	Инженер (магистрант)	1																																	■	■
	Итого		181																																		



- руководитель



- инженер (магистрант)

4.10 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

В этом разделе включаются затраты на сырьевые материалы (табл. 4.16), комплектующих полуфабрикатов и изделий, необходимых для выполнения работы. Потребность сырьевых материалов определяется по количеству их расхода.

Таблица 4.16 – Затраты на материалы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, Z _м , руб
Глина 1	кг	3	120	360
Глина 2	кг	3	250	750
Оксид 1	гр	200	5	1000
Оксид 2	гр	200	0,6	120
Масло моторное	л	2	350	700

Марля медицинская	п.м.	30	15	450
Резиновые перчатки	шт	20	12	240
Пленка полиэтиленовая	м	50	22	1100
Итого				4720

4.10.1 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включаются все затраты, связанные с приобретением специального оборудования. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам. Стоимость оборудования, имеющегося в научно-технической организации, учитываем в калькуляции в виде амортизационных отчислений. Таблица 4.17 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Таблица 4.17 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Фарфоровая ступка с пестиком	1	600	600
2	Сито	2	500	1000
3	Стакан	3	90	270
	Итого			1870

4.10.2 Расчет амортизационных отчислений:

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании

учитываем только рабочие дни по данной теме. Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$E_{ам} = \frac{\sum K_{обі} \cdot H_{обі} \cdot T_{обі}}{365 \cdot 100},$$

где $K_{обі}$ – стоимость ед. прибора или оборудования, руб.;

$H_{обі}$ – норма амортизации прибора или оборудования, %;

$T_{обі}$ – время использования оборудования, дни.

Таблица 4.18 – Расчет амортизации оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Цена единицы оборудования, $K_{обі}$, руб	Время использования, $T_{обі}$, дни	Норма амортизации, $H_{обі}$, %	Сумма амортизационных отчислений, $E_{ам}$, руб.
1	Весы аналитические «Веста В153»	15000	5	10	12,33
2	Пресс гидравлический	15000	3	8	9,86
3	Щековая дробилка ШД-10	250000	3	10	205,48
4	Виброплощадка	23000	5	12	37,80
5	РФА – установка ДРОН-3М	180000	1	12	5,92
6	ДТА-установка STA 449 F3 Jupiter	3000000	1	12	986,30
7	Пропарочная камера	15000	6	12	25,59
8	Печь камерная	70000	2	12	46,03
	Итого				1329,31

4.10.3 Расчет основной заработной платы

В данном разделе отображена основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, которые участвуют в выполнении данной научно-исследовательской работы. Расходы по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

Месячный должностной оклад работника

$$Z_m = Z_b \cdot K_p$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

K_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

1) Базовый оклад Z_b такого руководителя, как д.х.н. профессор, составляет 31000 р. Рассчитываем месячный должностной оклад руководителя:

$$Z_m = 31000 \times 1,3 = 40300 \text{ руб.}$$

Среднедневная ЗП руководителя:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{40300 \times 10,4}{251} = 1669,8 \text{ руб.}$$

2) Базовый оклад Z_b магистранта, составляет 1750 руб. Рассчитываем месячный должностной оклад инженера (магистранта):

$$Z_m = 1750 \times 1,3 = 2275 \text{ руб.}$$

Среднедневная ЗП инженера (магистранта):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{2275 \times 10,4}{181} = 130,72 \text{ руб.}$$

Таблица 4.19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	295	295
<i>Количество нерабочих дней</i>		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени: отпуск или невыходы по болезни	48	48
Действительный годовой фонд рабочего времени	181	181
Действительное рабочее время реализуемого проекта	181	181

Таблица 4.20 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоем кость, чел.-дни	Заработная плата приходяща яся на один	Всего заработная плата по тарифу
----------	---------------------	------------------------------	-------------------------------	---	---

				чел.-дн., тыс.руб.	(окладам), тыс.руб.
1.	Разработка составов шихт	Вакалова Т.В.	10	1,6698	66,792
2.	Анализ результатов	Вакалова Т.В.	4		
3.	Составление отчета	Вакалова Т.В.	25		
4.	Литературный обзор	Бороева Н.А.	46	0,13072	23,660
5.	Разработка составов шихт	Бороева Н.А.	10		
6.	Анализ исходных глин и оксидов	Бороева Н.А.	50		
7.	Изготовление керамических образцов	Бороева Н.А.	35		
8.	Исследование физико-механических свойств образцов	Бороева Н.А.	10		
9.	Анализ результатов	Бороева Н.А.	4		
10.	Составление отчета	Бороева Н.А.	25		
11.	Защита работы	Бороева Н.А.	1		
Итого					90,452

Таблица 4.21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб.	T _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	31000	0	0	1,3	40300	1669,8	40	66792
Инженер (магистрант)	1750	0	0	1,3	2275	130,7	181	23660
Итого:								90452

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}}$$

где Z_{осн} – основная заработная плата, руб.;

Таблица 4.22 – Дополнительная заработная плата

Заработная плата	Руководитель	Инженер (магистрант)
Основная зарплата	66792	23660
Дополнительная зарплата	8015,05	2839,2

4.10.4 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему.

1. Затраты на электроэнергию учитываются только на технологические цели, так как затраты на освещение и другие цели связаны с общеустановленными расходами.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$Z_э = N \cdot C \cdot T,$$

где N – потребляемая мощность установки, кВт;

C – стоимость 1кВт·час электроэнергии (3,5 руб.);

T – время работы оборудования, ч.

Таблица 4.23 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	N , кВт/ч	T , ч	Затраты, руб.
Весы аналитические «Веста В153»	0,4	24	33,6
Пресс гидравлический	3,5	14	171,5
Щековая дробилка ЩД-10	2,2	8	61,6
Виброплощадка	1	10	35
РФА – установка ДРОН-3М	1,5	6	31,5
ДТА– установка STA 449 F3 Jupiter	1,5	3	15,75
Пропарочная камера	4,5	12	189
Печь камерная	3	168	1764
Итого	–	–	2301,95

4.10.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{внеб} = K_{внеб}(Z_{осн} + Z_{доп}),$$

где $K_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На основании закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, вводится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 4.24 – Отчисления во внебюджетные фонды

Заработная плата	Руководитель	Инженер (магистрант)
Основная зарплата	66792	23660
Дополнительная зарплата	8015,05	2839,2
Отчисления	20272,7	7181,3
Итого	27454	

Таблица 4.25 – Бюджет научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Затраты на материалы	4720
2. Затраты на спецоборудование для научных работ	3199,31
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей	90452
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	10854,25
5. Отчисления во внебюджетные фонды	27454
6. Накладные расходы	2301,95
Итого:	138981,51

Согласно расчетам, экономические затраты считаются приемлемыми.

4.11 Определение ресурсной эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т. ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения;

Исп. 2, Исп. 3 – технологии изготовления строительной керамики методами агобирования и редуционного обжига.

Таблица 4.26 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп. 2	Исп. 3
1. Сложность технологии	0,10	4	3	3
2. Удобство эксплуатации	0,25	5	4	3
3. Надежность	0,15	5	3	4
4. Энергосбережение	0,25	5	4	4
5. Материалоемкость	0,25	4	4	4
Итого	1	4,65	3,75	3,65

Из расчетов выявлено, что проект по интегральному показателю ресурсоэффективности является вариантом является выгодным. Так как выполняемый проект является научной разработкой и началом исследований, то интегральный финансовый показатель разработки рассчитать невозможно.

Заключение по разделу

С целью полной оценки стоимости проведения научного исследования был сформирован его бюджет. Все имевшееся на момент начала проведения исследования химическое сырье было принято, как вновь купленное по текущим ценам.

В данном разделе были проанализировали все стороны данной работы, с точки зрения экономической части.

Основным преимуществом проекта, которое необходимо развивать, является использование местного сырья, так же поиск оптимальных

компонентов для приготовления компонентного состава, который, в конечном счете, будет соответствовать декоративным требованиям заказчиков.

Общий бюджет НИИ составил 138981,51 рублей, что не превышает ограничения в 150000 рублей.

В результате работы над разделом "Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение" определена перспективность научно-исследовательского проекта. Также проведены предпроектный анализ и планирование проекта. Рассчитана себестоимость реализации данной научно-исследовательской работы.