

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

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ Н.М. Кижнера

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Керамические материалы на основе техногенного сырья
УДК 666.3:666.968.016.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Максимова Влада Евгеньевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ Н.М. Кижнера	Вакалова Т.В.	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Кашук И.В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Черемискина М.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Ревва И.Б.	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП 18.03.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владение пониманием сущности и значения информации в

	развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию,

	подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
ДПК(У)-1	Способность проводить стандартные испытания материалов и изделий, проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку и анализ результатов

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) 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ им. Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Ревва И.Б.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8А	Максимовой Владе Евгеньевне

Тема работы:

Керамические материалы на основе техногенного сырья	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 20-19/с от 20.01.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: зола-унос от сгорания твердого топлива; бокситовый шлам
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Аналитический обзор по литературным источникам Характеристика исходного техногенного сырья. Разработка составов и технологических параметров получения керамических материалов на основе топливных и химико-металлургических отходов. Раздел: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

	Раздел: «Социальная ответственность» Заключение по работе и общие выводы
Перечень графического материала	- Презентация в MS PowerPoint - Характеристика исходного сырья - Результаты экспериментов - Выводы по работе
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор Методы исследования Экспериментальная часть	Вакалова Татьяна Викторовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	21.01.2022
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Вакалова Т.В.	д.т.н., профессор		21.01.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Максимова Влада Евгеньевна		21.01.2022

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) 18.03.01 Химическая технология
 Уровень образования бакалавр
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ Н.М. Кижнера
 Период выполнения осенний/весенний семестр 2021/2022 учебного года
 Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
07.06.2022	Основная часть	60
03.06.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
03.06.2022	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ Н.М. Кижнера	Вакалова Т.В.	д.т.н., профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Ревва И.Б.	к.т.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 119 страниц, 36 таблиц, 29 рисунков, 36 источников литературы.

Целью выпускной работы является разработка высокопрочной керамики на основе техногенного сырья.

Были поставлены и решены следующие задачи:

- исследование химико-минералогического состава техногенного сырья,
- исследование процессов фазообразования, протекающих при нагревании техногенного сырья;
- исследование возможности использования золо-шламовой керамики в технологии получения высокопрочных керамических материалов.

Ключевые слова: муллит, высокопрочные материалы, зола-унос, красный шлам, диаграмма состояния системы $\text{FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, высокопрочная керамика, спекание.

В первой части работы приведено описание общих сведений о научном и практическом опыте применения техногенных отходов.

Вторая часть работы состоит из описания методов исследования основных характеристик сырьевых материалов и полученных образцов.

В третьей части содержатся результаты исследования физико-химических и технологических свойств техногенного сырья при его спекании, подбор составов керамических масс и отработка технологических режимов получения высокопрочных керамических материалов из масс золошламового состава.

В четвертом разделе ВКР приведены анализ и расчёт основных параметров для реализации конкурентоспособного продукта и требования ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Пятая глава рассматривает вопросы о выполнении требований безопасности труда, промышленной безопасности, охраны окружающей среды и ресурсосбережения.

СОКРАЩЕНИЯ

ДТА – дифференциально-термический анализ

ИР – исследовательская работа

РФА – рентгенофазовый анализ

РЭМ – растровая электронная микроскопия

СИЗ – средства индивидуальной защиты

ЧС – чрезвычайная ситуация

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	12
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
1.1 Общая классификация, характеристика свойств и области применения керамических материалов на основе природного сырья.....	13
1.2 Характеристика традиционных сырьевых материалов для получения керамических материалов	19
1.3 Перспективы использования техногенных отходов в керамических технологиях.....	22
1.3.1 Опыт использования отходов топливно-энергетического комплекса (зола-уноса) в керамике	22
1.3.2 Опыт использования отходов химико-металлургического комплекса (бокситовых или красных шламов) в керамике	26
1.4 Физико-химические процессы фазообразования в керамических массах с использованием техногенного сырья	30
1.4.1 Характеристика диаграмм состояния систем $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, FeO-CaO-SiO_2	30
1.5 Способы повышения механической прочности керамических материалов.....	34
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	36
2.1 Рентгенофазовый анализ.....	36
2.2 Растровая электронная микроскопия	37
2.3 Комплексный термический анализ.....	38
2.4 Определение величины водопоглощения керамических образцов.....	39
2.5 Определение огневой усадки	40
2.6 Определение предела прочности при сжатии обожжённых образцов.....	40
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	42
3.1 Характеристика исходных сырьевых компонентов.....	42
3.2 Химический состав исходного сырья.....	43
3.2.1 Исследование морфологических особенностей исходного сырья методом электронной микроскопии.....	44
3.2.2 Диагностика минералогического состава исследуемого сырья рентгеновским методом.....	48
3.2.3 Диагностика минералогического состава исследуемого сырья термическим методом.....	51

3.2.4	Поведение исходных сырьевых компонентов при нагревании	53
3.3	Разработка керамического материала золо-шламового состава.....	61
3.3.1	Теоретическое обоснование выбора исследуемых композиций «зола-красный шлам»	62
3.3.2	Исследование процесса получения керамики золо-шламового состава.....	68
	Выводы	77
4	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	79
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	79
4.1.1	Анализ конкурентных технических решений	79
4.1.2	SWOT-анализ.....	81
4.2	Планирование научно-исследовательских работ	85
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	85
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	86
4.3	Бюджет научно-технического исследования.....	89
4.3.1	Расчет материальных затрат научно-технического исследования	89
4.3.2	Расчет амортизации специального оборудования	90
4.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	91
4.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	92
4.3.5	Накладные расходы	93
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	94
	Выводы по разделу.....	97
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	101
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	101
5.2	Производственная безопасность	102
5.3	Экологическая безопасность	108
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	110
	Выводы по разделу.....	112
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	114
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	116

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире наблюдается высокий спрос на строительные и керамические материалы. В связи с этим растут объемы выпускаемой продукции, следовательно, и объемы используемого сырья. В настоящее время наблюдается сильное истощение природных ресурсов. В связи с этим встал вопрос о поиске альтернативных источников исходного сырья. Большое внимание уделяется разработке возможности использования техногенных отходов химико-металлургического, горно-обогачительного и топливно-энергетического комплексов в керамическом производстве.

Одним из перспективных направлений использования отходов является получение керамических строительных материалов: стеновых, облицовочных и тротуарных изделий.

Объект исследования: алюмосиликатная керамика из техногенного сырья.

Предмет исследования: физико-химические процессы формирования фазового состава, структуры и свойств керамических материалов из техногенного сырья.

Цель работы: Разработка составов и технологии получения высокопрочной алюмосиликатной керамики на основе техногенного сырья.

Практическая новизна: разработаны составы и предложены технологические режимы получения высокопрочной алюмосиликатной керамики на основе композиций золы-унос и красного (бокситового) шлама.

Данная разработка направлена на строительную отрасль, а именно производство клинкерной керамики.

Результаты работы доложены и обсуждены XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» (2022 г.).

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Общая классификация, характеристика свойств и области применения керамических материалов на основе природного сырья

Керамическое производство – это одно из самых древних производств. Его основной сырьевой материал – глина – применялся человеком для бытовых нужд еще на истоках цивилизации. С развитием человечества и технологий, глину научились обрабатывать, а позднее и заменять, на материалы без содержания глин.

В настоящее время, под технологией керамического производства подразумевают изготовление изделий из минерального сырья или химических веществ путем приготовления массы, формования, удаления временной связки и высокотемпературного обжига с целью придания им камнеподобных свойств [1].

Для керамических изделий не существует единой классификации. Различные керамические материалы обладают разнообразными свойствами, которые определяются применяемыми исходными сырьевыми материалами, методами их переработки и технологическими режимами термической обработки [1]. Поэтому керамические изделия чаще всего классифицируют по производственно-отраслевому признаку, позволяющему отразить свойства изделий, область применения и в значительной степени способ производства [1].

Согласно указанной классификации, различают следующие группы керамических материалов и изделий [1]:

– строительная керамика — изделия, предназначенные для кладки зданий и сооружений (кирпич, керамические камни, блоки), керамические плитки для наружной и внутренней облицовки стен и покрытия полов, изделия для подземных коммуникаций (канализационные и дренажные трубы), санитарно-технические изделия, черепица, изразцы, теплоизоляционные керамические материалы (керамзит, аглопорит);

- огнеупорные материалы — изделия, применяемые для кладки промышленных печей, топок и аппаратов, работающих при высоких температурах, а также изделия, используемые в качестве огнеприпаса при обжиге деталей различного назначения;
- химически стойкие материалы — изделия, предназначенные для работы в агрессивных средах, заменяющие или защищающие металлические части емкостей, аппаратов, машин в химической и других отраслях промышленности;
- тонкая керамика — хозяйственная фарфоровая и фаянсовая посуда, художественные и декоративные изделия, химическая посуда и другие виды изделий;
- техническая и специальная керамика — материалы и изделия со специфическими свойствами, применяемые в авиационной, ракетно-космической, атомной технике, радиоэлектронике, электротехнике и других отраслях промышленности.

В зависимости от свойств, структуры, фазового состава материала указанные группы подразделяются на подгруппы.

Одной из особенностей керамических материалов является наличие пустот (пор). Размер, суммарный объем и характер распределения пор оказывает большое влияние на ряд свойств керамики и прежде всего на теплопроводность, водопоглощение, морозостойкость, механическую прочность и шлакоустойчивость.

Пористость — одна из важнейших характеристик керамики. Благодаря данной характеристике возможно оценить состояние материала. Пористость и водопоглощение являются одними из критериев степени спекаемости материалов. Истинная пористость полностью спекшейся керамики составляет 3 – 5 %, кажущаяся — менее 0,1 %.

Керамика при обычных условиях относится к *хрупким материалам*, которые разрушаются после небольшой упругой деформации. К основным механическим свойствам относятся упругость, хрупкость, пластичность, твердость, прочность. В процессе внешнего воздействия на материал при

определенной величине приложенных сил происходит его деформация. Деформации бывают упругие и неупругие (пластичные). Если размеры и форма тела восстанавливаются после прекращения действия усилия, то такая деформация является упругой. Упругая деформация связана с изменением межатомных расстояний в теле при приложении нагрузки. Неупругая (пластическая, или остаточная, деформация) — деформация, остающаяся после снятия нагрузки. Пластическая деформация связана со сдвигом кристаллитов по отношению друг к другу.

Упругость – это способность твердых тел восстанавливать свою форму и объем после прекращения действия внешних сил, и обусловлена взаимодействием между атомами и молекулами и их тепловым расширением. Упругие свойства твердых тел можно описать модулем Юнга (E), модуль сдвига (G), коэффициентом Пуассона (μ).

Упругие свойства важны для расчета теплонапряженного состояния конструкций. Например, внезапный нагрев и охлаждение вызывают деформирование материала и конструкции. В таких случаях целесообразно использовать материал с низким модулем упругости. Если же конструкцию из керамических материалов предстоит соединить с металлом, низкий модуль упругости приводит к снижению напряжения в конструкции.

Под *твёрдостью* кристалла понимается его сопротивление механическому воздействию более прочного тела (царапанию, проникновению острия, другого твердого тела и т.д.).

Твердость материала можно определять по относительной шкале твердости по Моосу или методом Бринеля.

Техническая прочность – это прочность реальных изделий. Теоретическая прочность является расчетной величиной для идеального бездефектного однородного материала, нагружаемого квазистатично при достаточно низких температурах. Теоретическая прочность является физически определенной величиной и во многом зависит от природы и прочности химических связей в веществе.

Для ориентировочного расчета теоретической прочности были предложены уравнения, устанавливающие связь между $\sigma_{\text{теор}}$ и модулем упругости Юнга. Например, согласно уравнению Орована для случая одноосного растяжения $\sigma_{\text{теор}} = (0,1 - 0,2) E$. Зная модуль Юнга, на основании этого уравнения можно ориентировочно оценить $\sigma_{\text{теор}}$, которая оказывается равной 7-18 ГПа.

Сопоставление теоретической и прочности с реальной технической прочностью показывает, что они отличаются друг от друга на 3 – 4 порядка, особенно низки по сравнению с реальной реальными прочностями на изгиб и на растяжение.

Прочностные свойства материалов оцениваются *по пределу прочности* (максимальная прочность, которую выдерживает образец до разрушения). В зависимости от вида внешних воздействий различают: предел прочности при сжатии; предел прочности при растяжении; предел прочности при статическом и динамическом изгибах; предел прочности при скручивании.

Прочностные свойства керамики с повышением температуры снижаются [1]. Снижение прочности керамики кристаллического строения происходит плавно и обусловлено ослаблением структурных связей при повышении температуры.

К *теплофизическим* свойствам твердых тел можно отнести теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение и термостойкость.

Теплоемкость показывает какое количество теплоты необходимо подвести к телу для повышения его температуры на заданную величину. Теплоемкость твердых тел есть свойство самого вещества, т.е. является функцией их состава и практически не зависит от структурных особенностей конкретного изделия, его пористости, плотности, размеров кристаллов и других факторов. Удельная теплоемкость для любого вещества зависит от температуры и агрегатного состояния вещества [1].

Теплопроводность характеризует способность вещества проводить тепло в градиентном температурном поле. Направление передачи тепла происходит от более горячего участка к более холодному.

Теплопроводность материала зависит от длины свободного пробега фононов и степени нарушения гармоничности их колебаний во время прохождения через данное вещество, т.е. степень теплопроводности определяют структура вещества, число и вид атомов и ионов, рассеивающих волновые колебания. Поэтому кристаллы с более сложным строением решетки имеют более низкую теплопроводность, т.к. при этом возникают дополнительные центры рассеивания фононов [1].

Термическое расширение силикатных материалов — следствие увеличения амплитуды колебаний их атомов или ионов относительно их среднего положения, происходящих под влиянием температуры. Поэтому температурный коэффициент линейного расширения ТКЛР керамики (далее употребляется «коэффициент линейного расширения») непостоянен при любой температуре. Для подавляющего большинства керамических материалов он повышается с температурой.

Термическая стойкость — это способность керамического изделия выдерживать без разрушения резкие смены температуры. Термическая стойкость зависит от следующих факторов: физических свойств материала, формы и размеров изделия, условий нагрева охлаждения [1].

Для оценки термостойки используются такие критерии, как число теплосмен, потеря механической прочности, предельный температурный перепад.

Электрофизическими свойствами твердых являются: диэлектрическая проницаемость, температурный коэффициент диэлектрической проницаемости, электросопротивление, диэлектрические потери, электрическая прочность.

Относительную *диэлектрическую проницаемость* определяют как отношение зарядов на обкладках конденсатора при замене пластин из данного диэлектрика на вакуум.

Диэлектрическая проницаемость ϵ — важнейшее свойство, характеризующее строение керамического диэлектрика. В определенной степени ϵ характеризует прочность электростатических связей кристаллической решетки того или иного вещества. По значению ϵ керамические материалы весьма различны. В большинстве оксидных, силикатных и алюмосиликатных керамических материалов ϵ составляет 6 - 12. Однако ϵ некоторых кристаллических веществ достигает нескольких тысяч (например, BaTiO_3) [1].

С повышением температуры диэлектрическая проницаемость разных по природе керамических материалов меняется в разной степени. Кристаллы с прочными связями и малой поляризацией при повышении температуры значение ϵ меняют незначительно. Легко поляризуемые кристаллы, наоборот, весьма чувствительны к температурным изменениям. Диэлектрическая проницаемость некоторых материалов возрастает с температурой, снижается при повышении частоты, особенно в области повышенных температур [1].

Электропроводность керамики принято оценивать по обратной величине проводимости — электросопротивлению. Чтобы можно было сделать сравнительную оценку свойств различных материалов, используют значение удельного объемного ρ_v и удельного поверхностного ρ_s сопротивлений.

Электропроводность керамики складывается из электропроводности составляющих ее фаз. В подавляющем большинстве случаев электропроводность керамики носит ионный характер. Ионы, входящие в кристаллическую решетку, а также находящиеся в менее упорядоченном состоянии в стекловидном веществе, имеют определенную подвижность. Она тем меньше, чем прочнее внутрикристаллические связи.

Те ионы, которые находятся в междоузлиях и дефектных положениях кристаллической решетки, более подвижны. Особенно подвижны ионы примесных соединений. Ионы стекловидной фазы всегда более подвижны, чем ионы кристаллической фазы. Именно они и являются основным источником электропроводности. Большой подвижностью обладают ионы щелочных металлов, особенно Na^+ , Li^+ [1]. Она возрастает при повышении температуры.

Установлено, что электропроводность стекла в общем случае прямо пропорциональна содержанию оксидов натрия. Поэтому во всех видах электроизоляционной керамики стремятся свести содержание щелочных оксидов к возможному минимуму.

1.2 Характеристика традиционных сырьевых материалов для получения керамических материалов

Основными сырьевыми материалами для производства керамических изделий являются глины и каолины; в качестве вспомогательных сырьевых материалов для улучшения технологических свойств используют пески кварцевые и шлаковые, шамот, выгорающие добавки органического происхождения (древесные опилки, угольная крошка и т.п.).

Сырьевые материалы в производстве керамической керамики подразделяются на три основные категории: пластичные (глины, каолины), отощающие (кварцевый песок, шлаки доменные и топливные, золы, шамот), плавни (полевошпат, пегматит, мел, нефелиновый концентрат и др.) [2].

Пластичное сырье — основной компонент керамических масс, который определяет способность последних к формованию, а также оказывает решающее влияние на состав и свойства керамики.

Глина — один из наиболее распространенных видов осадочных горных пород полиминерального состава. Кислород, кремний и алюминий по своей общей массе составляют около 90% в составе земной коры, потому подавляющую часть минералов составляют алюмосиликаты, силикаты и кварц основа встречающихся в природе керамических сырьевых минералов. Размеры глинистых частиц колеблются практически от коллоидной дисперсности до 5 мкм. Основным минералом каолиновых глин является минерал каолинит.

Глины — землистые осадочные горные породы, состоящие из глинистых минералов со значительными примесями: каолинита, галлуазита, монтмориллита, бейделлита, частиц кварца, полевых шпатов, гидрослюд, гидратов окиси железа, алюминия, карбонатов магния, кальция и др [2].

Изменения химического состава отражаются на свойствах глин. Так, при повышенном содержании кремнезема в глинистых минералах уменьшается связующая способность глин, растет пористость обожженных изделий. Соединения железа понижают огнеупорность глин. Известь уменьшает огнеупорность и интервал спекания, увеличивает усадку при обжиге и пористость. Щелочи понижают температуру спекания.

Минералогический состав глин определяет формовочную способность сырья, его поведение при обжиге, весь комплекс свойств как полуфабриката, так и готовых изделий [2].

По пластичности глинистые материалы подразделяются по числу пластичности на: высокопластичные (менее 25); среднепластичные (15... 25); умеренно-пластичные (7... 15); малопластичные (3... 7) [2].

Вода, адсорбированная поверхностью глинистых частиц в процессе приготовления сырьевой смеси, играет роль гидродинамической смазки, что обеспечивает во многом ее пластические характеристики. Вместе с тем удаление воды, как из самих глинистых частиц, так и с их поверхности в процессе сушки и обжига вызывает явление воздушной и огневой усадки.

Для уменьшения усадки при сушке и обжиге, а также для предотвращения образования трещин в пластичные глины вводят искусственные или природные отошающие добавки. К их числу относятся дегидратированная глина, шамот, котельные шлаки, золы, кварцевые пески и т.д [2].

Введение в состав сырьевой смеси плавней обеспечивает более низкую температуру ее спекания. К плавням относят полевые шпаты, пегматит, доломит, тальк, магнезит, карбонаты бария и стронция, нефелиновые сиениты (для фаянсовых масс) [2]. Искусственный керамический материал, отформованный из глинистого сырья, получается в результате сложных физических, химических и физико-химических изменений, происходящих при обжиге, т.е. при воздействии высоких температур [2].

Каолины – это чистые глины, состоящие преимущественно из глинистого минерала каолинита ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Каолины огнеупорны, малопластичны, имеют белую окраску. Их применяют для производства фарфора, фаянса и тонких облицовочных изделий, так как после обжига получается белый черепок.

Обычные глины отличаются от каолинов большим разнообразием минералогического, химического и гранулометрического состава. Изменения химического состава заметно отражаются на свойствах глин. С увеличением Al_2O_3 повышается пластичность глин и огнеупорность, а с повышением содержания SiO_2 пластичность глин снижается, увеличивается пористость, снижается прочность обожженных изделий. Присутствие оксидов железа снижает огнеупорность глины, наличие щелочей ухудшает формуемость изделий.

При изготовлении керамических материалов основными технологическими свойствами глин являются: пластичность; воздушная и огневая усадка; огнеупорность; цвет керамического черепка; спекаемость.

Высокопластичные глины хорошо формуются, но, высыхая, дают трещины и значительную усадку. Малопластичные глины формуются плохо. Для повышения пластичности глин применяют операцию вылеживания их во влажном состоянии на воздухе, вымораживание, гноение в темных подвалах, при этом происходит разрыхление материала и увеличивается ее дисперсность. Пластичность можно также повысить добавлением высокопластичных глин. Самый распространенный способ повышения пластичности — их механическая обработка. Для понижения пластичности глин вводят добавки различных непластичных материалов (отощающие добавки).

Эксплуатационные характеристики керамических изделий во многом определяются как составом сырьевых материалов, так и технологическими приемами их изготовления. В производстве обширной номенклатуры современной строительной керамики используются родственные

технологические процессы, позволяющие кратко обобщить основы производства керамических материалов.

1.3 Перспективы использования техногенных отходов в керамических технологиях

1.3.1 Опыт использования отходов топливно-энергетического комплекса (зола-уноса) в керамике

В современном мире наблюдается стойкое сокращение запасов природного сырья для производства строительных и керамических материалов. Также одной из главных задач экологии является необходимости утилизации промышленных отходов. Управление отходами является приоритетным для защиты природных ресурсов и окружающей среды. По этой причине необходимо реализовать комплексные стратегии производства экоматериалов из отходов с учетом экологических, технических и экономических аспектов. Особенность использования промышленных отходов заключается в различиях химического и минералогического составов сырья в зависимости от местных параметров использования и хранения. В мировой практике зольные отходы находят свое применение чаще всего в производстве пористого легкого бетона, реже для получения теплоизоляционного керамического материала [3]. Ведутся исследования по применению золы как сырья в производстве геополимеров, самочувствительных бетонов, а также сырья в керамической отрасли.

Одной из областей исследования является получение геополимеров, устойчивых к очень высоким температурам [4]. Геополимеры представляют собой класс неорганических полимерных рентгеноаморфных материалов, состоящих из оксида алюминия, кремнезема и оксидов щелочных металлов. Геополимеры нашли свое применение в качестве альтернативных связующих систем в производстве цемента.

Для минимизации выбросов CO_2 в цементной промышленности и увеличения утилизации летучей золы геополимерная технология является одним из жизнеспособных решений.

В условиях глобального потепления летучая зола на основе геополимерной технологии, активированная щелочными активаторами, не только может значительно снизить углеродный след обычного портландцементного бетона, но также демонстрирует значительные перспективы для применения в бетонной промышленности в качестве альтернативного связующего портландцемента [5].

Целью исследования является получение образцов из летучей золы, доменного шлака и жидкого стекла, отвечающих требованиям термостойкости для огнестойких применений. В качестве исходного сырья использовали золу-унос, содержащую более 80 % пуццолановых соединений (SiO_2 , Al_2O_3 и Fe_2O_3), измельченный гранулированный доменный шлак и жидкое стекло с химическим составом 30 % SiO_2 , 15 % Na_2O , 45 % H_2O [4]. В качестве заполнителя применялся речной песок.

Были предложены составы с 100 % содержанием золы-уноса, 100 %-м содержанием доменного шлака и с содержанием данных компонентов в соотношении 1:1.

Для всех образцов смесей были определены прочность на сжатие, термическая стабильность и объемное расширение (изменение размеров) матрицы при повышенной температуре для понимания их микромеханических свойств [4]. Результаты исследования показывают, что геополимеры, полученные с использованием золы-уноса, обладают хорошим потенциалом для применения в экстремальных тепловых условиях [4].

Зола-унос применяется в строительной отрасли в качестве заменителя портландцемента в бетонах. Замена портландцемента золой-уносом снижает как потребление энергии, так и выбросы парниковых газов, образующихся при производстве клинкера [6].

Основной целью является разработка количественной оценки устойчивости жизненного цикла модели бетона, содержащего золу-унос, которая учитывает не только социальные, экологические и экономические аспекты, но и технические аспекты, такие как долговечность и надежность

конструкции [6]. Вторичной целью является проверка достоверности представленной модели путем применения ее к тематическому исследованию.

Материалы с золой-уноса от сжигания углей считаются экологически чистыми и подходят для изготовления строительных материалов [3].

Золу-унос можно использовать для производства легких огнеупорных изделий. Легкие огнеупорные изделия снижают общий вес и теплоемкость футеровки [7]. Теплоизоляционные свойства огнеупорных изделий обусловлены высокой пористостью, открытой и закрытой, и, как следствие, низкой теплопроводностью [7]. Теплоизоляционные свойства огнеупорных изделий можно регулировать, изменяя количество, форму и размер пор. Пористая структура теплоизоляционных огнеупорных изделий может быть получена различными способами: выжигающими добавками, химическим газовыделением, пенами, пористыми наполнителями [7].

Для производства теплоизоляционных изделий используются пористые наполнители как природного, так и искусственного происхождения, к ним можно отнести полые зольные алюмосиликатные микросферы [7]. Сырьевыми материалами для производства теплоизоляционных изделий служили полые алюмосиликатные микросферы, глина с огнеупорностью не ниже 1630 °С, высокоглиноземистый наполнитель, органический пластификатор и кремнийсодержащее связующее [7]. Свойства золы делают ее перспективным сырьем для производства огнеупорных теплоизоляционных материалов плотностью 0,5 г/см³ [7]. В качестве метода формования был выбран метод вибропрессования, влажность разработанных формованных тел не превышала 13 %. После формования изделия выдерживали при комнатной температуре в течение суток. Сушка производилась в туннельной сушилке в течение 36 ч при температуре 130 °С. Обжиг проводили при температуре 1250–1350°С с выдержкой 2–4 часа [7].

В ходе проведенных испытаний были получены образцы, соответствующие трем маркам теплоизоляционных материалов по плотности, это 500, 800 и 900. Все образцы обладают достаточной прочностью,

соответствующей ГОСТ. Из вышеперечисленного можно сделать вывод, что зольные микросферы могут найти широкое применение в производстве легких огнеупорных теплоизоляционных материалов [7].

Зола-унос является хорошей порообразующей добавкой и может применяться в производстве пористой керамики. Пористая керамика с высокой кажущейся пористостью отличается превосходными свойствами большой удельной поверхности, низкой относительной плотностью и высокой проницаемостью для жидкостей [8]. В настоящее время разработаны различные методы увеличения пористости пористой керамики, в том числе добавление порообразователей, лиофилизация, гель-литье, прямое вспенивание и т.д. Среди них добавление порообразователя является простым и эффективным способом, поскольку пористость керамики можно эффективно улучшить, регулируя количество порообразователя [8].

Полые сферы недавно были исследованы как уникальный порообразующий агент, используемый при получении пористой керамики, однако, стоит отметить, что поры в этой пористой керамике в основном принадлежат к закрытым порам [8]. Сырье для получения пористой анортитовой керамики с высокой кажущейся пористостью: карбонат кальция и летучая зола [8]. В данном исследовании ценосферы летучей золы были применены как порообразующий агент и как реагент для кристаллической фазы керамики. Карбонат кальция был добавлен для дальнейшего улучшения кажущейся пористости и снабжения системы кальцием.

Подготовка образцов включала в себя: просеивание порошка чистого карбоната через сито 0,325, чтобы размер его зерен был меньше размера ценосферы золы. Смешали 4 состава летучая зола: карбонат – 100:0, 90:10, 80:20 и 70:30 соответственно. В качестве органического связующего использовали ПВА-1750 (5%-й раствор). Образцы прессовали гидравлически под давлением 20 Мпа. Образцы сушили в течение 12 ч при 105 °С в печи, далее обжигали от 1200 до 1300 °С с шагом 25 °С и выдержкой 2 ч [8].

На образцах определили кажущуюся пористость, прочность на сжатие и огневую усадку.

Кажущаяся пористость и прочность на сжатие пористой керамики с добавлением 30 мас.% CaCO_3 , спеченный при 1250 °С, были 59,25 % и $70 \pm 2,58$ МПа соответственно [8].

Температура спекания играет важную роль в кажущейся пористости. Кажущаяся пористость керамики уменьшалась в процессе уплотнения, что определялось температурой спекания [9]. Добавление CaCO_3 значительно улучшило кажущуюся пористость керамики двумя способами: первый заключался в том, что образование CO_2 из разложившегося CaCO_3 помогло сформировать поры около 690 °С. Что еще более важно, частичный CO_2 , содержащийся в керамическом материале, высвобождается при высокой температуре, из-за чего керамика расширяется в большем объеме [10]. Другой заключался в том, что CaO из CaCO_3 разложением превратился в анортит в результате соединения с ценосферой летучей золы. Эволюция кристаллической фазы привела к изменению микроструктуры оболочки ценосферы золы-уноса от плотной к пористой структуре. В этой пористой керамике полая структура ценосферы золы-уноса полностью не разрушалась, а каркасная структура взаимосвязанных ценосфер золы-уноса обеспечила относительно высокую механическую прочность. Эта работа послужила основой для изготовления керамики с высокой кажущейся пористостью из ценосферы летучей золы с CaCO_3 в качестве порообразователя [10].

Зола-унос является сложным антропогенным материалом, который необходимо правильно утилизировать или перерабатывать, используя как сырье в разноотраслевых производствах.

1.3.2 Опыт использования отходов химико-металлургического комплекса (бокситовых или красных шламов) в керамике

Красный шлам - это отходы, образующиеся при переработке бокситов в процессе Байера для производства глинозема и последующего производства алюминия. В 2012 году мировое производство первичного алюминия достигло

отметки в 45,21 млн тонн. Таким образом, по оценкам, алюминиевая промышленность произвела около 27 миллионов тонн красный шлам для бокситов высокого качества и 226 миллионов тонн для бокситов низкого качества. Несмотря на чисто иллюстративную цель оценки, она демонстрирует размер глобальной экологической проблемы, которую представляет красный шлам [11].

Шламовые отходы находят широкое применение в дорожном строительстве, производстве цемента, производстве керамических материалов.

Шламовые отходы можно использовать как добавки солей щелочных металлов для производства керамической облицовочной плитки разных цветов [12]. Для этого необходимо правильно подобрать размер добавки шлама, вводимый в шихту. В сырьевые материалы вводили 10, 20, 30 и 40 сухого шлама, далее шихты перемешивали до получения однородной массы, делали массу для формования, формовали и обжигали. После обжига полученные образцы подверглись визуальному осмотру, из которого был сделан вывод, что с увеличением количества шлама образец становился светлее. Также изменяли и физико-механические свойства. Был сделан вывод, что оптимальным количеством добавки шлама, вводимой в шихту, является около 20% [12].

Красный шлам в перспективе может использоваться для производства растворов и бетонов. В данной статье оценивается пуццолановое свойство красного шлама, который был высушен и прокален при различных температурах с использованием гидроксида кальция [11]. Для работы красный шлам высушили и прокалили, измельчили до размера частиц менее 0,15 мм [11]. Используемый красный шлам по своему химическому составу содержит кремнезем, гематит и глинозем [11]. Данные соединения придают бокситового шламу пуццолановые свойства.

Растворы, изготовленные с использованием 5 % сухого и прокаленного красного шлама при 600, 700, 800 °C показали прочность на сжатие в течение 28 дней, которая в среднем была схожа с прочностью на сжатие эталонного раствора. Растворы, полученные путем замены цемента на 10 и 15 % сухим и

прокаленным красным шламом при 600, 700, 800 °С, показали более низкие значения прочности на сжатие, чем эталонный образец [11]. Только прокаленный красный шлам при 900 °С может заменить до 15 % цемента, увеличивая прочность растворов на сжатие. Хотя красный шлам, прокаленный при 900 °С, обладает низкой пуццолановой активностью, он оказывает более сильное воздействие, повышая прочность растворов на сжатие. Эталонный образец – 50 % инертного кремнезема и 50 % гидроксида кальция.

Красный шлам, высушенный и прокаленный при 600 °С обладает высокой пуццолановой активностью, по сравнению с красным шламом, прокаленным при 900 °С [11].

Еще одним направлением использования красного шлама является производство строительных материалов. Рассмотрена возможность получения керамических композиционных материалов из красного шлама и формовочных песков [13].

Недавно разработанная экологически чистая керамика обладает высокими физическими свойствами (прочность на изгиб, линейная усадка, водопоглощение, плотность).

Наиболее ценным свойством разработанных материалов является экологическая чистота за счет полной нейтрализации тяжелых металлов из обоих промышленных отходов.

Высокое содержание Na_2O (10,3 %) способствовало снижению температуры плавления керамических композитов. Формовочный песок состоял в основном из SiO_2 (91,2 %) [13].

Используемый в исследовании красный шлам имел типичный минеральный состав для бокситовой руды, а именно, неразложенные остатки процесса Байера, а именно, боксит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), гематит (Fe_2O_3), магнетит (Fe_3O_4) и кварц (SiO_2) [13].

Формовочный песок представлен только кристаллическим кварцем, что соответствовало содержанию SiO_2 91,2%, обнаруженному в химическом анализе [13].

Для исследования было предложено шесть композиций красного шлама и формовочного песка от состава со 100 % шламом, до 50 % красного шлама и 50 % песка. Температуры обжига выбраны от 800 до 1225 °С с шагом 50 °С. Значения прочности на изгиб достигли 10,54 МПа; после спекания при 1150 °С линейная усадка колебалась в пределах 6,62–7,92 %, водопоглощение – 2,77–14,41 %, насыпная плотность – 1,65–2,07 г/см³ [13].

Еще одним направлением использования техногенных отходов, а именно, красного шлама, является получение стеклокерамических пеноматериалов. В данном исследовании получена пеностеклокерамика с высокой пористостью и высокой прочностью [14]. В качестве сырья применялись отходы электроизоляционных материалов и красный шлам. В работе исследовано влияние различных соотношений отходов электроизоляционных материалов и красного шлама на пористую структуру, физические свойства, механическую прочность и химическую устойчивость пеностеклокерамики [14].

В этой работе показан эффективный способ переработки электроизоляционных материалов и красного шлама до 20 %, позволяющий не только снизить вредное воздействие отходов на окружающую среду, но и получить продукт с высокими характеристиками (высокая пористость (73,6 %) и высокую прочность на сжатие (11,3 МПа) [14]. Полученный пеностеклокерамический материал может быть использован в качестве нового типа архитектурного теплоизоляционного материала и несущего стенового материала в строительной отрасли [14].

Красный шлам можно использовать в производстве как технической керамики, так и вяжущих материалов. Его количество в разных производствах варьируется.

1.4 Физико-химические процессы фазообразования в керамических массах с использованием техногенного сырья

1.4.1 Характеристика диаграмм состояния систем $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, FeO-CaO-SiO_2

Керамические материалы представляют собой сложные гетерогенные системы, характеризующиеся определенными границами раздела составляющих фаз.

Протекание (механизм и кинетика) и конечные результаты физико-химических процессов в этих системах (производство и функционирование) определяются рядом факторов, к важнейшим из которых (при прочих равных условиях) относятся: химическая природа, дисперсность, пространственное расположение и количественные соотношения дисперсной фазы и дисперсионной среды.

Для правильной оценки процессов, протекающих в керамических материалах, производимых с использованием техногенного сырья, необходимо четко понимать какие процессы протекают в материале при обжиге. Понять протекающие процессы можно с помощью диаграмм состояния двухкомпонентных и трехкомпонентных систем. В данной работе будут рассмотрены диаграммы состояния для систем $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ и FeO-CaO-SiO_2 .

Система $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ имеет очень большое значение во многих отраслях силикатной промышленности. К этой системе относятся составы многих технически важных силикатных материалов, таких как глиноземистые и портландцементы, стекло, ситаллы, тонкая керамика, основные и кислые шлаки. На рисунке 1.1 представлено современное видение диаграммы состояния системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$.

Бинарные соединения представлены силикатами кальция — $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ и $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, алюмосиликатом $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ и алюминатами кальция — $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (плавится инконгруэнтно при 1535°C), $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ (по некоторым данным, это соединение имеет состав,

выражаемый формулой $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$) (плавится конгруэнтно при 1455°C), $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (плавится конгруэнтно при 1600°C), $\text{CaO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ (ранее приписывалась формула $3\text{CaO} \cdot 5\text{Al}_2\text{O}_3$) (плавится конгруэнтно при 1730°C , однако существуют данные и об инконгруэнтном плавлении этого соединения при 1765°C) и $\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ (плавится инконгруэнтно при 1850°C).

Тройные соединения в этой системе представлены анортитом (известковым полевым шпатом) $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ и геленитом $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. Оба эти соединения плавятся без разложения: первое при 1550°C и второе при 1590°C .

Существуют данные о трех полиморфных модификациях анортита — триклинной, ромбической и гексагональной, причем гексагональный анортит стабилен до 300°C , при которой он переходит в триклинный анортит, стабильный вплоть до температуры плавления (1550°C), а ромбический анортит метастабилен при всех температурах. По другим данным, стабильной является только триклинная форма анортита, а ромбическая и гексагональные формы — метастабильны. Анортит широко распространен в природе преимущественно в виде непрерывных твердых растворов с альбитом $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$, называемых плагиоклазами и относящихся к одним из главных породообразующих минералов.

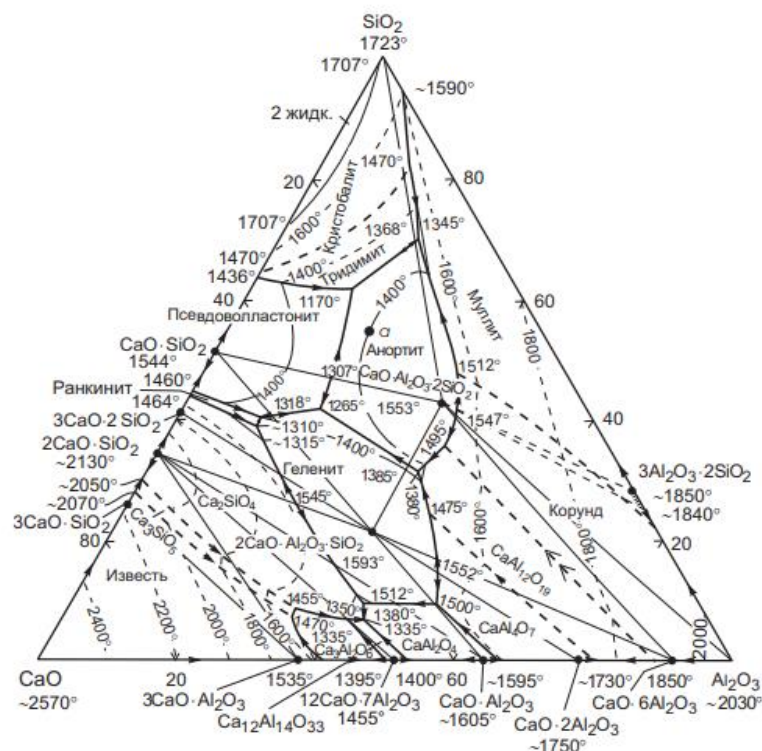


Рисунок 1.1 – Диаграмма состояния системы CaO-Al₂O₃-SiO₂ [15]

Геленит $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ не имеет полиморфных разновидностей. Этот минерал встречается в природе обычно в виде неограниченных твердых растворов с окерманитом $2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$, называемых мелилитами.

Следует отметить, что в рассматриваемой системе при высоких давлениях существуют еще два тройных соединения — $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ (гроссуляр) и пироксен состава $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, которые при обычном давлении не имеют на диаграмме областей стабильного существования и на диаграмме состояния не представлены.

Система CaO-Al₂O₃-SiO₂ играет важную роль в технологии получения портландцемента, глиноземистого цемента, динасовых, шамотных и высокоглиноземистых огнеупоров, стекла, тонкой керамики, в изучении процессов образования и свойств кислых и основных доменных шлаков и пр. На рисунке 1.2 представлен треугольник составов этой системы, на котором выделены области, соответствующие применяемым в технике составам различных технических продуктов.

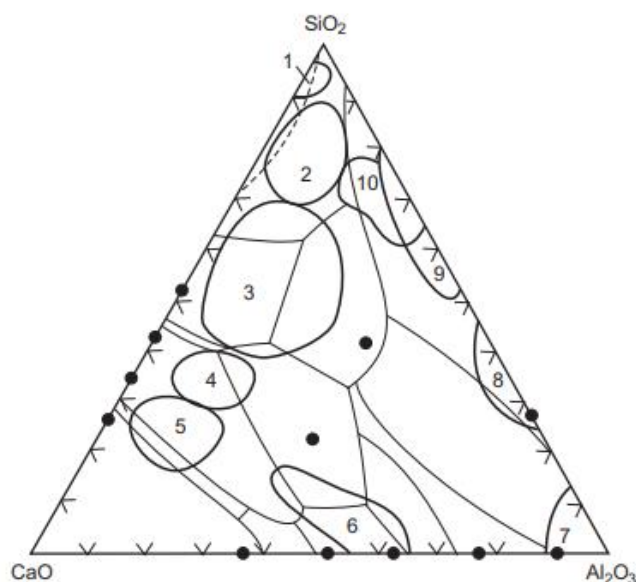


Рисунок 1.2 - Области составов технических продуктов в системе CaO-Al₂O₃-SiO₂ [15]: 1 – динас; 2 – стекло; 3 – кислые шлаки; 4 – основные шлаки; 5 – портландцемент; 6 – глиноземистый цемент; 7 – корундовые огнеупоры; 8 – муллитовые огнеупоры; 9 – шамотные огнеупоры; 10 – известковый фарфор

Диаграмма FeO–SiO₂–CaO до сих пор не полностью изучена. Это связано с тем, что в шлаках железо может присутствовать как в двухвалентной, так и в трехвалентной форме. Данная диаграмма представлена на рисунке 1.3.

В системе образуется эвтектика с температурой плавления 1030 °С, состоящей из 25% CaO·SiO₂ и 75% FeO·SiO₂. В системе имеется целая область составов, имеющих температуру плавления 1150 °С и ниже. Это позволяет в широких пределах варьировать составом шлаков. Часто при расчете шлака не учитывают амфотерный оксид Al₂O₃, а просто следят за его предельным содержанием. В такой же роли выступает и ZnO.

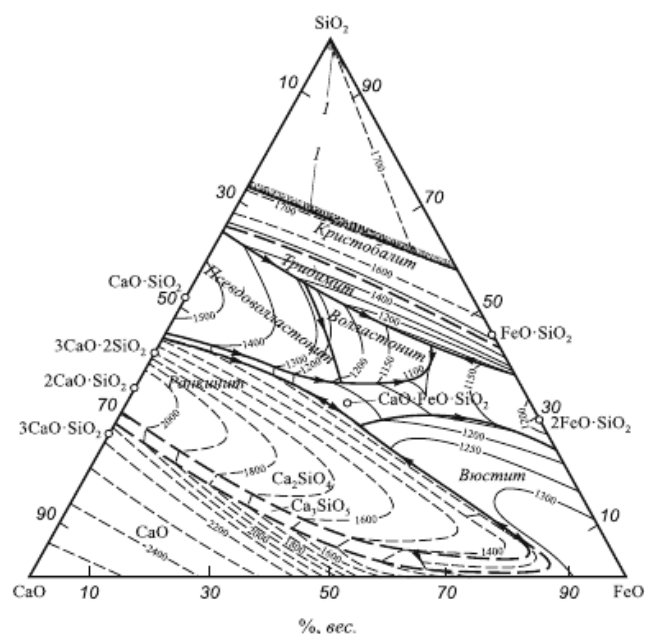


Рисунок 1.3 - Диаграмма состояния системы FeO–SiO₂–CaO [16]

В этой системе имеются расплавы с температурой плавления 1100÷1200 °С; например, расплавы, содержащие 45% FeO, 20% CaO и 35% SiO₂. Однако при содержании 45÷50 % CaO температура плавления расплавов резко возрастает и, например, при содержании 50% CaO, 35% SiO₂, 15% FeO превышает 1600 °С.

1.5 Способы повышения механической прочности керамических материалов

Под *механической прочностью* понимается способность материала противостоять воздействию приложенным к нему усилиям и не разрушаться.

Механическая прочность может зависеть от нескольких факторов. К ним относятся: пористость структуры, фазовый состав материала, строение материала.

Механическая прочность керамики в первую очередь зависит от ее фазового состава — содержания кристаллической и стекловидной фаз: чем больше количество кристаллической фазы, тем больше прочность [17]. Природа кристаллических фаз, условия их образования, структура ее частиц также важны для формирования механических свойств керамики. В частности, если форма кристаллов будет удлиненной, то прочность увеличится за счет

образования кристаллического каркаса [17]; если образование кристаллической фазы происходит с объемными изменениями (например, переход кварца в кристобалит), то это может привести к увеличению пористости и к снижению прочности [17]. Однако, если сравнить влияние стеклофазы и кристаллической фазы на механическую прочность керамики, то увеличение общего содержания кристаллической фазы и, соответственно, уменьшение количества стеклофазы в составе керамического материала повысит его прочность.

С другой стороны, механическая прочность также зависит от степени спекания (плотности или пористости) [17]. Следовательно, для повышения прочности гранулированного материала необходимо уменьшить его общую пористость (т.е. керамический материал должен быть плотный) и увеличить содержание кристаллической фазы. Для снижения насыпной плотности керамических материалов необходимо, чтобы кристаллическая фаза и стеклофаза имели низкую абсолютную плотность.

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения поставленных задач необходимо провести исследование используемого техногенного сырья, процессов, протекающих при нагревании, а также свойств полуфабриката и обожженных образцов. Для этого применялись современные методы исследования, такие как метод рентгенофазового анализа, химический анализ, а также различные методики для определения свойств и характеристик полученных образцов на различных этапах исследования.

2.1 Рентгенофазовый анализ

Рентгенофазовый метод анализ применим для определения минерального состава сырьевых материалов и полученных образцов.

Данный метод основан на использовании электромагнитного излучения с длиной волны 0,001—100 нм. Данный способ считается одним из основных для исследования кристаллов. Расстояние между атомами кристаллической решетки лежит в диапазоне длины рентгеновской волны. Это позволяет кристаллу имитировать дифракционную решетку, благодаря которой можно исследовать кристаллическое тело.

Луч, образованный в результате дифракции одной из плоскостей кристалла, получен благодаря отражению. Это явление было обосновано и доказано учеными братьями Брэггами и Вульфом, тем самым они внесли огромный вклад в изучении кристаллических тел. Атомная решетка кристаллического тела расположена как одна из множества параллельных плоскостей из атомов. Данные плоскости находятся на одном расстоянии друг от друга. Электромагнитное излучение проходит через кристалл, частично отражается от всех атомных плоскостей данного кристалла.

Основываясь на этом было выведено уравнение, которое показывает зависимость и позволяет рассчитать расстояние между этими плоскостями.

Уравнение Вульфа – Брэггов выражается формулой:

$$2d\sin\theta = n\lambda \quad (2.1)$$

где d – межплоскостное расстояние, нм;

θ – угол падения рентгеновского луча на плоскость образца, град;

n – порядок отражения (1, 2, 3...);

λ – длина рентгеновского луча, нм [18].

Это уравнение позволяет определить межплоскостные расстояния, они являются индивидуальной характеристикой кристаллических решеток, т.е. основа качественного анализа. Уравнение является своего родом условием. Результаты анализа фиксируются на дифрактограммах, где показываются максимумы интенсивности. Интенсивность рефлекса зависит от заселенности атомной плоскости: чем больше атомов на плоскости, тем интенсивней будет отраженный луч.

Для анализа исследуемого техногенного сырья и полученных на его основе продуктов обжига, использовался дифрактомер ДРОН-3М, оснащенный рентгеновскими трубками БСВ-24 с CuK_α -излучением, длина волны $\lambda = 0,154056$ нм. Основные параметры съемки: скорость 4 град/мин, напряжение на паре анод-катод 35 кВ, значение анодного тока 25 мА [18].

Для съемки дифрактограмм используются порошкообразные материалы, проходящие через сито № 0063.

Результатом, выдаваемым дифрактометром, является рентгенограмма, её расшифровка заключается в определении значений d/n (d) и относительных интенсивностей рефлексов $I_{\text{отн}}$. Сравнивая полученные значения межплоскостных расстояний со справочными данными можно определить фазовый состав исследуемого образца.

2.2 Растровая электронная микроскопия

Метод растровой электронной микроскопии (РЭМ) позволяет получать изображения поверхности объекта, а также информацию о составе и строении образца.

Основой РЭМ является сканирование необходимого участка образца зондом, испускающий узкий поток электронов. Принцип действия основан на использовании эффектов, возникающих при облучении поверхности объектов

тонко сфокусированным пучком электронов – зондом. В результате взаимодействия электронов с образцом генерируются сигналы, основные из которых являются отраженные электроны, вторичные и поглощенные электроны.

Определение микроструктурных характеристик исследуемых объектов осуществлялось с помощью сканирующих (растровых) электронных микроскопов SEM «HITACHI S-570», РЭМ JSM-840 фирмы «Jeol».

2.3 Комплексный термический анализ

Комплексный термический анализ является методом, объединяющим зависимость определённого физического параметра системы от температуры. Физический параметр измеряется в зависимости от изменения температуры во времени.

В комплексный термический анализ входят: дифференциальный термический анализ (ДТА) и термогравиметрия (ТГ).

При проведении ДТА тепловые изменения, возникающие в нагреваемом веществе, регистрируются в виде кривой в системе координат: разность температур между образцом исследуемого вещества и термическим эталоном ($\Delta T = T_{обp} - T_{эт}$, °C) - температура окружающей среды (T , °C). Если при нагревании исследуемое вещество не испытывает никаких превращений, то разность температур будет равна нулю ($\Delta T = 0$). В этом случае кривая ДТА регистрируется в виде прямой линии, совпадающей с осью абсцисс. Если исследуемое вещество отличается от эталона своими теплофизическими свойствами, то кривая дифференциальной записи может отклоняться от своего нулевого положения, вверх или вниз, а в дальнейшем кривая ДТА регистрируется параллельно оси или под некоторым углом к ней.

Если в процессе нагревания при какой-либо температуре в исследуемом образце произойдет фазовое или химическое превращение, сопровождающееся поглощением или выделением тепла, то возникает разность температур между образцом и эталоном. Величина этой разницы пропорциональна количеству поглощенного или выделенного тепла. Возникающая разность температур

регистрируется отклонением кривой ДТА вверх или вниз от условного нулевого положения (базовой линии). Данное отклонение называется термическим эффектом.

В термогравиметрии регистрируется изменение массы образца в зависимости от температуры. Получаемая в результате проведения эксперимента кривая зависимости позволяет делать выводы о термостабильности и составе образца в начальном состоянии, а также о термостабильности и составе веществ, образующихся в результате нагревания, и о составе остатка, при его наличии [19].

Термический анализ исследуемых проб выполнялся на совмещенном ТГА/ДТА анализаторе SDT Q600 при следующих условиях съемки: скорость поднятия температуры – 10 градусов в минуту, среда – воздушная, тигли – корундовые, навеска – 20–40 мг.

2.4 Определение величины водопоглощения керамических образцов

Водопоглощение - характеристика пористого тела, равная отношению массы воды, поглощенной полно-насыщенным телом, к массе сухого образца, выраженное в процентах.

Для керамических материалов методы насыщения, определяющие открытую пористость и водопоглощение, отражает ГОСТ 7025-91.

Суть испытаний заключается в следующем. Подготовленные образцы (не меньше трех) взвешивают на технических весах (цена деления 0,01 г). В качестве насыщения пор образцов жидкостью используется метод определения под вакуумом.

Для насыщения сухие образцы, после предварительного взвешивания, помещают в вакуумный эксикатор на подставку, после чего заполняют его водой до уровня воды, перекрывающей поверхность образцов на 2 см. Эксикатор закрывают крышкой и вакуумным насосом создают разрежение над поверхностью воды. Образцы выдерживают под вакуумом до прекращения выделения пузырьков, но не более 30 мин.

Образцы, насыщенные жидкостью, взвешивают на технических весах и определяют величину водопоглощения с точностью до 0,1%.

Водопоглощение (В) рассчитывается, согласно определению, по следующей формуле:

$$B = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100 \%, \quad (2.2)$$

где m_2 – масса сухого образца, г;

m_1 – масса образца, насыщенного жидкостью, г [18].

2.5 Определение огневой усадки

Огневой усадкой называется сокращение размеров воздушно-сухих образцов при обжиге, выраженное в процентах, по отношению к исходным размерам этих образцов.

Огневая усадка является одним из проявлений процесса спекания и количественным показателем данного процесса.

Измерение огневой усадки позволяет определять размер полуфабриката для получения готового керамического изделия с заданными параметрами.

Линейную огневую усадку определяют по формуле (2.3) [18]:

$$\Delta l_{\text{огн}} = \frac{l_0 - l_1}{l_1} \cdot 100 \%, \quad (2.3)$$

где l_0 – линейный размер образца до обжига, см;

l_1 – линейный размер образца после обжига, см.

2.6 Определение предела прочности при сжатии обожжённых образцов

Максимальное сжимающее напряжение, которое способен выдержать образец до его разрушения называется прочностью при сжатии. Методика заключается в фиксировании максимального напряжения.

В этой работе использовались сформованные цилиндры, обожженные при разных температурах. Производится замер площади образцов, с использованием штангенциркуля. Далее обожжённый образец помещается на основную плиту прессы и фиксируется прижимной плитой. Образец должен

быть хорошо закреплён и должен плотно соприкасаться с обеими плитами пресса. После дается нагрузка, которая увеличивается равномерно. Напряжение фиксируется и снимается с помощью потенциометра связанного с манометром. Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$, МПа, рассчитывается исходя из снятых показателей по формуле, приведённой ниже:

$$\sigma_{сж} = \frac{P \cdot S_1}{S_2} \quad (2.4)$$

где P – показания манометра, кгс/см² ;

S_1 – площадь поршня, см²;

S_2 – площадь образца, см² [18].

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8А	Максимовой Владе Евгеньевне

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение Школа	Научно-образовательный центр им. Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 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>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		28.02.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Максимова Влада Евгеньевна		28.02.22

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – исследование возможности получения высокопрочных керамических материалов на основе техногенного сырья.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 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.

Одним из отраслей промышленности, для которых актуально исследование возможности получения высокопрочной керамики является производство клинкерной керамики.

Основными производителями-конкурентами в сфере изготовления клинкерной керамики являются: «Terramatic», которые ориентированы на производство клинкерной плитки; компания «ТЕРРАКОТ», производящая ряд различных строительно-отделочных материалов. Стоит отметить, что на рынок выходит еще одна компания – это «ЭкоКлинкер». Она обладает высоким потенциалом вследствие использования высокотехнологичного оборудования и передовых производственных технологий заводов.

Таблица 4.1 – 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. Прочность на сжатие	0,15	5	5	4	0.75	0.75	0.6
2. Сферичность	0,13	4	4	5	0.52	0.52	0.65
3.Размер фракции	0,10	5	5	5	0.5	0.5	0.5
4. Удельный вес	0,07	4	5	5	0.28	0.35	0.35
5. Гранулометрический состав	0,09	5	4	5	0.45	0.36	0.45
6. Химическая стойкость	0,12	5	4	4	0.6	0.48	0.48
7. Насыпная плотность	0,08	5	4	4	0.4	0.32	0.32
8. Проницаемость	0,12	5	4	4	0.6	0.48	0.48
9. Износостойкость	0,07	5	4	5	0.35	0.28	0.35
10. Цена	0,04	4	4	5	0,16	0,16	0,2
11. Предполагаемый срок эксплуатации	0,008	4	3	3	0,032	0,024	0,024
12. Наличие сертификации разработки	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
Итого	1	67	65	64	4,45	4,04	4,18

В данном разделе мы подобрали ряд критериев продукта, основываясь на его основных полезных характеристиках. Пропанты должны обладать высокой насыпной плотностью (г/см³), то есть иметь достаточно пористости в самой упаковке для прохождения нефтепродукта. Так же пропант должен обладать большой прочностью на сжатие (МПа) под толщей горных пород. Сферичность определяет величину зазоров в упаковке. Данный продукт должен быть химически стойким под влиянием внешних сред и износостойким, дабы выполнять свою роль в добыче нефтепродуктов и не разрушаться раньше положенного срока. Стоит отметить стоимость на данный продукт, в связи с его большим потреблением цена сильно влияет на конкурентоспособность. Исходя из оценочной карты сравнения конкурентных технических и экономических решений, данная разработка превосходит, по суммарной оценке технических и экономических показателей, своих конкурентов.

Б_ф – продукт проведенной исследовательской работы,

Б_{к1} – ООО «Форэс»,

Б_{к2} – «АО Боровичский комбинат огнеупоров».

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_j – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

4.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Высокая прочность.	Сл1. Высокие требования к продукту.
С2. Более низкая стоимость по сравнению с аналогами из-за дешевого сырья.	Сл2. Не завершенность исследования.
С3. Высокая химическая стойкость и износостойкость.	Сл3. Сложность поиска месторождения необходимого природного сырья.
С4. Наличие финансирования.	Сл4. Необходимость исследования каждого нового месторождения на состав и реакцию на добавки.
С5. Использование высокой проницаемости упаковки из пропантов.	Сл5. Обязательное наличие специального оборудования при производстве.
Возможности	Угрозы
В1. Повышение спроса на продукт вследствие усложнения добычи нефти.	У1. Отсутствие спроса на качественный продукт и новые технологии.
В2. Инновационные достижения в области производства керамики.	У2. Развитие конкуренции в данном сегменте рынка.
В3. Разработка новых месторождений, для добычи сырья.	У3. Малый рынок сбыта, вследствие конкуренции с фирмами из других стран
	У4. Не своевременное финансирование научного исследования

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3–4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	-	+	-	-
	B3	-	+	+	-	-

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	+	-	-	-
	B3	-	-	+	+	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	+	-	-	-
	У2	-	+	-	-	-
	У3	-	-	-	+	-
	У4	-	-	-	+	-

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	-	-	+
	У2	+	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-	+
	У4	-	+	+	-	-

Результаты анализа представлены в итоговой таблице 4.7.

Исходя из таблицы, можно сделать определенные выводы. Возможности и сильные стороны позволяют развить рыночный спрос на рассматриваемый товар, исходя из роста качества товара, при падении его цены.

Таблица 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Высокая прочность С2. Более низкая стоимость по сравнению с аналогами из-за дешевого сырья С3. Высокая химическая стойкость и износостойкость. С4. Наличие финансирования. С5. Использование высокая проницаемость упаковки из пропанта.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Высокие требования к продукту Сл2. Не завершенность исследования. Сл3. Сложность поиска месторождения необходимого природного сырья. Сл4. Необходимость исследования каждого нового месторождения на состав и реакцию на добавки. Сл5. Обязательное наличие специального оборудования при производстве.
Возможности: В1. Повышение спроса на продукт вследствие усложнения добычи нефти. В2. Инновационные достижения в области производства керамики В3. Разработка новых месторождений, для добычи сырья.	1.Разработка пропантов из техногенного сырья позволяет снизить стоимость продукта. 2.Рост доли рынка на данную продукцию 3.Повышение конкурентоспособности путем увеличения характеристик с помощью ввода добавок в природное сырье.	1. Выбор определенного сырьевого состава и примесей для поддержания требований к продукту. 2.Развитие исследований в данном направлении, что позволит держать конкурентоспособность
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на качественный продукт и новые технологии. У2. Развитие конкуренции на данном сегменте рынка У3.Малый рынок сбыта, в следствии с конкуренцией с фирмами из других стран У4. Не своевременное финансирование научного исследования	1.Развитие технологии производства пропантов позволит продукту выйти на новый уровень конкуренции и сохранить свою потребность на рынке.	1. Совершенствование технологии в соответствии с конкурентными преимуществами и требованиями. 2.Обоснования финансирования для исследования повышения характеристик продукта при помощи легкодоступных добавок.

Возможные угрозы для производства, в виде отсутствия спроса, развитая конкуренция, могут пошатнуть перспективы развития продукта, но совместно с сильными сторонами оно создает спрос на новую продукцию и открывает возможность для повышения качества характеристик и закрепление своих позиций на рынке.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения научно-исследовательской работы	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер

	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{мин}i}$ — минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{макс}i}$ — максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где T_{pi} — продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.4)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож\text{и}}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4

Продолжение таблицы 4.9

2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	7	59	15	84	10,2	69	68,5	102

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4												
3	Обзор научной литературы	Исп2	11												

4	Выбор методов исследования	Исп2	6											
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7											
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9											
7	Проведение эксперимента	Исп2	25											
8	Обработка полученных данных	Исп2	18											
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5											
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13											

Примечание:



– Исп. 1 (научный руководитель), – Исп. 2 (инженер)

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при получении образцов из золы-уноса и красного шлама. Результаты расчета затрат представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, руб	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Картридж	шт.	1	1	350	400	350	400
Бумага	шт.	1	1	550	550	550	550
Зола-унос	кг	-	3	-	0,38	-	1,14
Красный шлам	кг	-	3	-	0,45	-	1,35
Метилцеллюлоза	кг	-	0,2	-	180	-	36
Итого:						900	988,49

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

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.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m, \quad (4.6)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Весы аналитические Веста В153	1	5	0,1	20	15000	300
2	РФА- установка ДРОН-3М	1	20	0,01	5	18000000	9000

3	Пресс малогабаритный ПМ-МГ4	1	15	0,16	7	280000	3136
4	Печь камерная, лабораторная	1	20	0,2	5	70000	700
Итого:		13136 руб.					

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $З_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_o} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (4.8)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.; F_o – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;
 M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_o} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

- для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{нр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{нр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

где $Z_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{нр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	0	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИР	$Z_{\text{мс}}, \text{руб.}$	$k_{\text{нр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}, \text{руб.}$	$Z_{\text{дн}}, \text{руб.}$	$T_{\text{р}}, \text{раб.дн.}$	$Z_{\text{осн}}, \text{руб.}$
Научный руководитель	36800	0,3	0,2	1,3	47840	2080	10,2	21216
Инженер	9489	0,3	0,2	1,3	12335,7	577,8	68,5	39579,3
Итого:								60795,3

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 21216 = 3182,4 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 39579,3 = 5937 \text{ руб.}, \quad (4.13)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб} (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (21216 + 3182,4) = 7319,52 \text{ руб.}, \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб} (З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (39579,3 + 5937) = 13654,9 \text{ руб.}, \quad (4.15)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 4. 15 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
13136	988,49	60795,3	9119,4	20974,42	105013,61

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (4.16)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Исследование возможности получения высокопрочных керамических материалов на основе золы-уноса и красного шлама» по форме, приведенной в таблице 4.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 4.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
		Текущий Проект	
1	Материальные затраты НИР	988,49	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	13136	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	60795,3	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9119,4	Пункт 4.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	20974,42	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	21002,72	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		126016,33	Сумма ст. 1- 6

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Для определения эффективности необходимо сравнить текущий проект с различными его исполнениями. Исп. 2, Исп. 3 – технологии изготовления алюмосиликатных пропантов и магнезиальных пропантов соответственно. Различное исполнение идет с использованием различного сырья, и уже изготавливается на Боровическом предприятии и заводе «ФОРЕС» соответственно. Текущий проект ориентирован на двухкомпонентную золошламовую керамику с использованием доступного техногенного сырья для производства керамических пропантов.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.17)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 126013,33$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 145000$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 160000$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{126013,33}{160000} = 0,79;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{145000}{160000} = 0,91;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{160000}{160000} = 1.$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{ri}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Прочность на сжатие	0,18	5	4	3
2. Проницаемость	0,16	5	4	5
3. Гранулометрический состав	0,15	4	3	4
4. Насыпная плотность	0,12	4	4	5
5. Химическая стойкость	0,16	5	4	4
6. Конкурентоспособность продукта	0,11	4	3	3
7. Цена	0,09	5	5	5
8. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	3	3	4
ИТОГО	1	4,56	3,80	4,08

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,18 \cdot 5 + 0,16 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,12 \cdot 4 + 0,16 \cdot 5 + 0,11 \cdot 4 + 0,09 \cdot 5 + 0,03 \cdot 3 = 4,56;$$

$$I_{p2} = 0,18 \cdot 4 + 0,16 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,12 \cdot 4 + 0,16 \cdot 4 + 0,11 \cdot 3 + 0,09 \cdot 5 + 0,03 \cdot 3 = 3,80;$$

$$I_{p3} = 0,18 \cdot 3 + 0,16 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,12 \cdot 5 + 0,16 \cdot 4 + 0,11 \cdot 3 + 0,09 \cdot 5 + 0,03 \cdot 4 = 4,08.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}}. \quad (20)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,56}{0,78} = 5,85, \quad I_{исп.2} = \frac{3,8}{0,91} = 4,18, \quad I_{исп.3} = \frac{4,08}{1} = 4,08.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,78	0,91	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,56	3,8	4,08
3	Интегральный показатель эффективности	5,85	4,18	4,08
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапов работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 102 дня; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 69 дней; общее количество рабочих дней, в течение которых работал руководитель, составляет 10,2 дня.

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 126016,33 руб.

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,78, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,56, по сравнению с 3,80 и 4,08;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,85, по сравнению с 4,18 и 4,08, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
4Г8А		Максимовой Владе Евгеньевне	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Научно-образовательный центр имени Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Керамические материалы на основе техногенного сырья

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения:	Объект исследования: золошламовые керамические материалы Область применения: производство строительных материалов Рабочая зона: лаборатория Размеры помещения: 200 м² Количество и наименование оборудования рабочей зоны: - вытяжной шкаф – 1 шт., - рабочий стол – 1 шт., - валки – 1 шт., - пресс – 1 шт., - печь для обжига – 2 шт., - сушильный шкаф – 1 шт. Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: - измельчение и сушка сырья, - изготовление пресс-порошка, - полусухое прессование, - обжиг формованных изделий, - определение физико-механических свойств обожжённых образцов.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения: – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	Вредные производственные факторы: - повышенный уровень шума; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - отклонение показателей микроклимата; - повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; Опасные производственные факторы: - поражение электрическим током; - пожарная опасность; Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: - специальная одежда и обувь; - защитные очки, респиратор; - заземление, средства защиты от шума, вибрации, пыли.

3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:	Воздействие на литосферу: загрязнение почвы техногенными отходами Воздействие на гидросферу: загрязнение воды техногенными отходами Воздействие на атмосферу: выброс дымовых газов и пыли
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:	Возможные ЧС: пожар в лаборатории, ураган, наводнение Наиболее типичная ЧС: пожар в лаборатории
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна			25.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8А	Максимова Влада Евгеньевна		25.02.2022