



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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»

ООП/ОПОП Химический инжиниринг

Отделение школы (НОЦ) НОЦ Н.М. Кижнера

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Получение титанатов кальция и стронция с заданными свойствами

УДК 661.882'027:661.842/.843

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г91	Манакова Анастасия Юрьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ	Дитц Александр Андреевич	К.Т.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович	—		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера ИШНПТ	Ревва Инна Борисовна	К.Т.Н.		

Томск – 2023



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

Школа ИШНПТ  
Направление подготовки (ООП/ОПОП) 18.03.01 «Химическая технология»  
Отделение школы (НОЦ) НОЦ им Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП/ОПОП  
Рева И.Б.  
(Подпись) (Дата) (ФИО)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
4Г91	Манакова Анастасия Юрьевна

Тема работы:

Получение титанатов кальция и стронция с заданными свойствами	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Данные литературного анализа по вопросу «Получение титанатов кальция и стронция с заданными свойствами». Предмет исследования – исследование влияния спекающих добавок на свойства керамики
<b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>	1. Обоснование выбора исходного сырья 2. Разработка состава получаемого материала 3. Определение свойств материала 4. Заключение по работе
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
1. Литературный обзор. 2. Методы исследования.	Дитц Александр Андреевич

3. Экспериментальная часть.	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Маланина Вероника Анатольевна
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц Александр Андреевич	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г91	Манакова Анастасия Юрьевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>		
4Г91	Манакова Анастасия Юрьевна		
<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	НОЦ Н.М. Кижнера
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/ООП/ОПОП</b>	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

<b>Получение титанатов кальция и стронция с заданными свойствами.</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p><i>Объект исследования:</i> получение титанатов кальция и стронция с заданными свойствами.</p> <p><i>Область применения:</i> диэлектрики для установки в медицинскую импульсную установку</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)</li> <li>– Федеральный закон №426-ФЗ от 28 декабря 2013 года «О специальной оценке условий труда»</li> <li>– ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования</li> <li>– ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования</li> <li>– ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности</li> <li>– ГОСТ 12.0.004-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ потенциальных опасных и вредных производственных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия опасных и</p>	<p><i>Вредные факторы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания;</li> <li>– отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;</li> <li>– производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды;</li> </ul>

вредных производственных факторов	<p>– производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума;</p> <p><i>Опасные факторы:</i></p> <p>– производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды;</p> <p>– подвижные части производственного оборудования;</p> <p>– производственные факторы, связанные с электрическим током.</p>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	<p><i>Воздействие на атмосферу:</i> выбросы пыли.</p> <p><i>Воздействие на гидросферу:</i> загрязнение сточных вод.</p> <p><i>Воздействие на литосферу:</i> загрязнение почвы.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<p><i>Возможные ЧС:</i> химическая авария, аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения, пожар.</p> <p><i>Наиболее типичная ЧС:</i> пожар.</p>

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	<b>02.02.2023</b>
---	-------------------

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович	–		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г91	Манакова Анастасия Юрьевна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4Г91	Манакова Анастасия Юрьевна

<b>Школа</b>	Инженерная школа новых производственных технологий	<b>Отделение Школа</b>	Научно-образовательный центр Н. М. Кижнера
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология

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

<i>1. 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
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
<i>2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
<i>3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
<i>4. 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:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4Г91	Манакова Анастасия Юрьевна		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП  
по направлению 18.03.01 Химическая технология  
специализация Химическая технология керамических и  
композиционных материалов**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
<b>УК(У)-5</b>	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>УК(У)-9</b>	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен и готов использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
<b>ОПК(У)-2</b>	Готов использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
<b>ОПК(У)-3</b>	Готов 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
<b>ОПК(У)-4</b>	Владеет 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
<b>ОПК(У)-5</b>	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией

<b>ОПК(У)-6</b>	Владеет основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
<b>ПК(У)-2</b>	Готов 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
<b>ПК(У)-3</b>	Готов использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
<b>ПК(У)-4</b>	Способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
<b>ПК(У)-5</b>	Способен 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
<b>ПК(У)-6</b>	Способен налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
<b>ПК(У)-7</b>	Способен проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
<b>ПК(У)-8</b>	Готов к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
<b>ПК(У)-9</b>	Способен анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
<b>ПК(У)-10</b>	Способен проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
<b>ПК(У)-11</b>	Способен выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
<b>ПК(У)- 21</b>	Готов разрабатывать проекты в составе авторского коллектива
<b>ПК(У)- 22</b>	Готов использовать информационные технологии при разработке проектов
<b>ПК(У)- 23</b>	Способен проектировать технологические процессы с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства в составе авторского коллектива
<b>Дополнительно сформированные профессиональные компетенции университета</b>	
<b>ДПК(У)-1</b>	Способен планировать и проводить химические эксперименты, проводить обработку результатов эксперимента, оценивать погрешности, применять методы математического моделирования и анализа при исследовании химико-технологических процессов





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

Школа ИШНПТ  
Направление подготовки (ООП/ОПОП) 18.03.01 «Химическая технология»  
Уровень образования бакалавр  
Отделение школы (НОЦ) 4 НОЦ Н.М. Кижнера  
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2022/2023 учебного года)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Обучающийся:

Группа	ФИО
4Г91	Манакова Анастасия Юрьевна

Тема работы:

Получение титанатов кальция и стронция с заданными свойствами
---

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дитц А.А.	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП/ОПОП**

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

**Обучающийся**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г91	Манакова А.Ю.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 94 с., 10 рис., 20 табл., 40 источников.

Ключевые слова: диэлектрик, титанат кальция, титанат стронция, диэлектрическая проницаемость, твердофазный прямой синтез.

Предметом исследования является исследование влияния спекающих добавок на свойства керамики.

Цель работы – разработка состава и подбор оптимальных условий обжига диэлектрика с заданными свойствами.

В процессе исследования проводились: синтез титанатов кальция и стронция, изучение его кинетики, создание добавок  $A_1$ ,  $C_2$  и  $D_1$ , составление пяти исследуемых составов, гранулирование, прессование, обжиг при четырех разных температурных режимах, исследование механических и электрических свойств полученных образцов.

В результате исследования должен быть создан диэлектрик на основе титаната бария/стронция с заданными свойствами

Степень внедрения: лабораторные испытания.

Область применения: медицина, генератор высоковольтных наносекундных импульсов

Экономическая эффективность/значимость работы: в результате проведения анализа экономической эффективности выявлено, что данное исследование по сравнению с аналогами более ресурсоэффективно.

## ПЕРЕЧЕНЬ СТАНДАРТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОФОРМЛЕНИИ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.0.004-2015. ССБТ. Организация обучения безопасности труда.

Общие положения.

2. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

3. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

4. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества.

Классификация и общие требования безопасности.

5. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

6. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя.

Общие эргономические требования

7. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность.

8. ГОСТ 12.4.009-83 ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов.

Основные виды.

10. ГОСТ 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений

## **Обозначения и сокращения**

РФА – рентгенофазовый анализ;

РЭМ – растровый электронный микроскоп;

ИПС – изопропиловый спирт;

ПВБ – поливинилбутираль;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

ССБТ – система стандартов безопасности труда.

## Оглавление

Введение .....	16
<b>1. Современные представления о физико-химических и технологических процессах получения титанатов кальция и стронция и керамических материалов на их основе.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1. Физико-химические и технологические особенности синтеза титанатов.....</b>	<b>22</b>
<b>1.1.1. Особенности прямого синтеза титанатов из карбонатов</b>	<b>22</b>
<b>1.1.2. Особенности гидротермального синтеза титанатов .....</b>	<b>24</b>
<b>1.1.3. Особенности синтеза титанатов оксалатным способом.....</b>	<b>24</b>
<b>1.1.4. Альтернативные методы синтеза титанатов .....</b>	<b>25</b>
<b>1.2. Физико-химические и технологические особенности процесса спекания керамических материалов на основе титанатов. ....</b>	<b>26</b>
<b>1.3. Эксплуатационные свойства керамических материалов на основе титанатов (физические, диэлектрические, электрофизические) .....</b>	<b>34</b>
<b>2. Методы исследования и материалы .....</b>	<b>39</b>
<b>2.1. Методы исследования .....</b>	<b>39</b>
<b>2.1.1. РФА – рентгенофазовый анализ .....</b>	<b>39</b>
<b>2.1.2. РЭМ – растровая электронная микроскопия.....</b>	<b>40</b>
<b>2.1.3. Определение удельной поверхности .....</b>	<b>40</b>
<b>2.1.4. Гидростатическое взвешивание.....</b>	<b>41</b>
<b>3. Экспериментальная часть.....</b>	<b>43</b>
<b>3.1. Синтез титанатов .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1.1. Свойства полученных титанатов .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2. Создание спекающих добавок .....</b>	<b>44</b>
<b>3.3. Получение керамики.....</b>	<b>45</b>
<b>4. Результаты проведенного исследования.....</b>	<b>48</b>
<b>5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....</b>	<b>51</b>

<b>5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....</b>	<b>51</b>
<b>5.1.1. Анализ конкурентных технических решений.....</b>	<b>51</b>
<b>5.1.2. SWOT-анализ.....</b>	<b>53</b>
<b>5.2. Планирование научно-исследовательских работ.....</b>	<b>56</b>
<b>5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования .....</b>	<b>56</b>
<b>5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....</b>	<b>57</b>
<b>5.3. Бюджет научно-технического исследования .....</b>	<b>60</b>
<b>5.4. Расчет материальных затрат научно-технического исследования .....</b>	<b>60</b>
<b>5.5. Расчет амортизации специального оборудования .....</b>	<b>61</b>
<b>5.5.1. Основная заработная плата исполнителей темы .....</b>	<b>62</b>
<b>5.5.2. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....</b>	<b>63</b>
<b>5.5.3. Накладные расходы.....</b>	<b>64</b>
<b>5.6. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....</b>	<b>65</b>
<b>5.7. Выводы по разделу .....</b>	<b>68</b>
<b>6. Социальная ответственность .....</b>	<b>71</b>
<b>6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....</b>	<b>71</b>
<b>6.2. Производственная безопасность .....</b>	<b>73</b>
<b>6.2.1. Анализ потенциальных вредных и опасных производственных факторов .....</b>	<b>73</b>
<b>6.2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных производственных факторов .....</b>	<b>75</b>
<b>6.2.2.1 Производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания .....</b>	<b>75</b>

<b>6.2.2.2. Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения.....</b>	<b>76</b>
<b>6.2.2.3. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды .....</b>	<b>78</b>
<b>6.2.2.4 Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума .....</b>	<b>79</b>
<b>6.2.2.5 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды .....</b>	<b>80</b>
<b>6.2.2.6 Подвижные части производственного оборудования .....</b>	<b>81</b>
<b>6.2.2.7 Производственные факторы, связанные с электрическим током .....</b>	<b>81</b>
<b>6.3 Экологическая безопасность .....</b>	<b>83</b>
<b>6.4. Выводы по разделу .....</b>	<b>86</b>
<b>Заключение.....</b>	<b>88</b>
<b>Список использованных источников .....</b>	<b>90</b>

## Введение

Техническая керамика в современном мире имеет широкое применение и представляет собой важный элемент техники в различных областях промышленности. Керамические изоляторы являются необходимым элементом для эффективной и безопасной работы электрических систем. Они обеспечивают надежную защиту от пробоя при заявленном уровне напряжения, что позволяет избежать аварийных ситуаций и повреждений оборудования. В связи с этим, актуальность развития и исследования керамических изоляторов составляет значимую задачу в настоящее время.

Дипломная работа была посвящена получению диэлектриков на основе титанатов кальция и стронция с заданными свойствами. Для достижения этой цели были изучены ранее применяемые методы их получения, влияние различных добавок на свойства и структуру конечного продукта, проведен ряд экспериментов над образцами, полученными при различных температурах, выдержке и с разным компонентным составом. Выводы и результаты этой работы в последующем будут использованы при создании диэлектрика, используемом в новом полупроводниковом генераторе высоковольтных наносекундных импульсов, который представляет из себя передовую разработку в области сильноточной импульсной техники. Генератор способен создавать мощные высоковольтные импульсы наносекундной длительности, необходимые для эффективной работы самых современных технологий, таких как газовые лазеры, излучатели электромагнитных импульсов и плазменные технологии. Благодаря своей инновационной конструкции, устройство способно генерировать мощные электрические импульсы, обладающие идеальной чистотой, минимальными потерями энергии и высокой эффективностью. Оно является неотъемлемой частью многих научных исследований, а также является незаменимым инструментом для создания новых высокотехнологичных устройств и систем.

Основной проблемой создания данных установок является использование жидкости в качестве диэлектрика на формирующих линиях.



Являясь охлаждающим агентом и обеспечивая отвод теплоты, выделяющейся внутри электрооборудования, жидкие диэлектрики никак не защищены от искрения, которое может возникнуть в процессе работы, и, следовательно, делают установку пожароопасной и недолговечной, так как есть риск возгорания и самой жидкости, и продуктов ее испарения или разложения.

Для успешного решения данной проблемы, необходимо использовать твердотелую керамическую изоляцию с высокой однородностью по объему и низкой пористостью, низким тангенсом угла потерь, заданными значениями диэлектрической проницаемости, лежащими в пределах от 100 до 150, и обладающую высокой электрической прочностью ( $150 \div 200$  кВ/см), так как при создании высокотехнологичных ресурсных генераторов с ресурсом более  $10^8$  импульсов, любой твердый диэлектрик может накапливать дефекты в результате частичных пробоев материала.

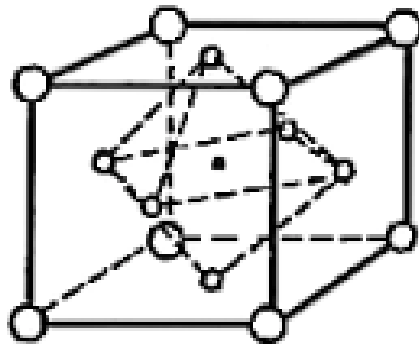
Для достижения этой цели были определены следующие задачи: получение субмикронных порошков титанатов (0,1-1 мкм); получение керамических материалов, на основе синтезированных титанатов с частичным введением добавок, сравнение их свойств.

## **1. Современные представления о физико-химических и технологических процессах получения титанатов кальция и стронция и керамических материалов на их основе**

Титанаты – это класс неорганических соединений, содержащих титан в качестве центрального атома. Обладают высокой диэлектрической проницаемостью и сегнетоэлектрическими свойствами, что делает их полезными для создания керамических конденсаторов и изолирующих устройств. Структура в большинстве своем представляет собой характерный для сегнетоэлектриков перовскит – соединение  $ABX_3$ , когда размеры иона В позволяют ему разместиться в октаэдрах из ионов X, а большой катион А по своим размерам близок к ионам X. Такая структура обеспечивает высокую устойчивость и механическую прочность материала и оказывает существенное влияние на их свойства, такие как электрическая проводимость, диэлектрическая проницаемость. [6]

Некоторые из наиболее распространенных разновидностей титанатов включают в себя:

Титанат бария ( $BaTiO_3$ ) – обладает пьезоэлектрическими свойствами и используется в качестве материала для сегнетоэлектрических устройств, таких как датчики и преобразователи.[7] Имеет ромбоэдрическую структуру, в которой катион бария находится в центре октаэдра из 8 атомов кислорода, а титан находится в центре ромбоэдрической ячейки (рис. 1).



- -ион бария
- -ион кислорода
- -ион титана

Рисунок 1 – Элементарная ячейка титаната бария

Титанат кальция ( $\text{CaTiO}_3$ ) – диэлектрик, который имеет высокую диэлектрическую проницаемость и используется в качестве диэлектрика в конденсаторах. Это устройство является универсальным и многофункциональным, с потенциалом быть востребованным в различных областях науки и технологий. Биомедицина может использовать его как композитные покрытия для протезных сплавов на основе титана, что существенно улучшит качество жизни людей с имплантированными медицинскими устройствами. Солнечная фотовольтаика может воспользоваться этим устройством для создания более эффективных солнечных элементов, что приведет к сокращению затрат на энергию и защитит окружающую среду. Электроника может использовать это устройство для изготовления высокочувствительных терморезисторов с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления, особенно необходимых в космических и авиационных технологиях. Керамика на основе алюмотитаната кальция со структурой перовскита может быть использована для отверждения и захоронения радионуклидов, что повысит радиационную безопасность. Это устройство - полезный инструмент для разных областей и будет способствовать росту и развитию различных научных и промышленных отраслей.

Титанат стронция ( $\text{SrTiO}_3$ ) – диэлектрик, используемый в электронике в качестве изолятора на формирующих линиях. Также имеет перовскитную структуру, но в этом случае катион стронция занимает центр октаэдра, а титан находится в центре кубической ячейки, что позволяет обладать высокой диэлектрической проницаемостью, но при этом иметь низкую теплопроводность (рис. 2).

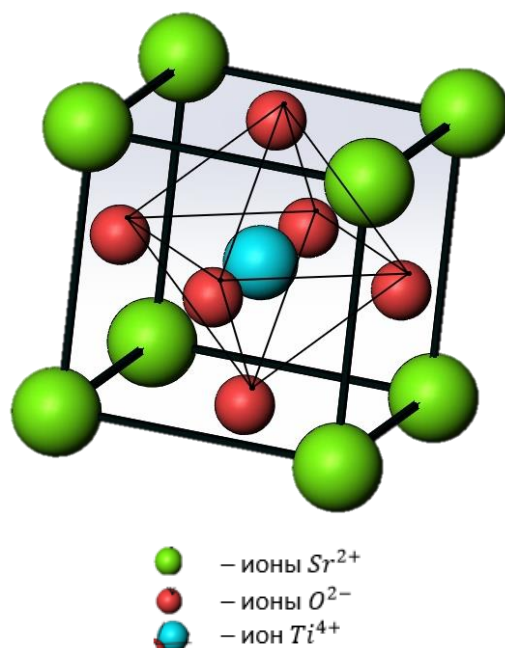


Рисунок 2 – Элементарная ячейка титаната стронция в его кубической фазе перовскита.

Литиевый титанат ( $Li_4Ti_5O_{12}$ ) – материал для хранения энергии, используемый в литий-ионных аккумуляторах.

Титанаты находят применение в катализе, керамике, стеклах и других отраслях науки и техники. Благодаря своим уникальным физическим и химическим свойствам, продолжают привлекать внимание исследователей и инженеров, которые стремятся создать новые материалы с улучшенными свойствами.

Технологические процессы получения титанатов постоянно совершенствуются. Например, использование метода сухого прессования в сочетании с нанотехнологиями позволяет получать керамические материалы с улучшенными механическими свойствами и более точными размерами. Также активно исследуются новые методы получения титанатов кальция и стронция, например, методом синтеза в микроволновом поле или использование электрохимических методов, что позволяет находить новые возможности для получения керамических материалов с уникальными свойствами и снижать энергозатраты производства.

Одним из технологических особенностей получения керамических материалов на основе титанатов является проведение обжига, точные

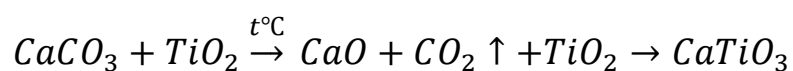
параметры которого (температура и время) имеют решающее значение для формирования определенной структуры и свойств керамического материала. Одной из главных физико-химических особенностей синтеза титанатов является выбор и качество исходных сырьевых компонентов. Необходимо обеспечить высокую чистоту химических соединений и правильное соотношение между ними для получения желаемого титаната с заданными свойствами.

### **1.1. Физико-химические и технологические особенности синтеза титанатов**

Свойства материалов со структурой перовскита напрямую зависят от условий их получения. Развитие синтеза перовскитных материалов на сегодняшний день является активно развивающейся областью научных исследований. Использование различных методов синтеза, таких как совместное осаждение и нанокастинг (комплементарный синтез), позволяет создавать перовскиты с разными характеристиками, такими как хорошо кристаллизованная структура и большая площадь поверхности. В зависимости от требований к конечному материалу, выбор подходящего метода синтеза может определить его химические, механические, электрические и другие свойства. Также, существуют методы твердофазной реакции, гидротермальный и соль-гель, каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Успех синтеза перовскитов зависит от того, насколько хорошо выбранный метод синтеза позволяет достичь желаемых свойств конечного продукта. [12]

#### **1.1.1. Особенности прямого синтеза титанатов из карбонатов**

Является одним из основных методов получения. Основан на твердофазной диффузионной реакции между оксидом титана и карбонатами металлов, например, кальция, стронция или бария, при высоких температурах (1100÷ 1300°C) в течение нескольких часов:



Во время синтеза происходят различные физические превращения, которые влияют на структуру и свойства получаемых соединений:

- Распад карбоната на металлический оксид и углекислый газ при высоких температурах.
- Образование новых соединений при реакции оксида титана с металлическим оксидом.
- Кристаллизация образовавшихся соединений в определенную структуру при остывании.

Эти физические превращения контролируются с помощью изменения условий синтеза, таких как температура, давление и время нагрева. Также можно использовать различные методы обработки полученных соединений: механическую обработку или введение примесей для изменения свойств.

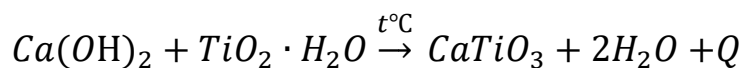
Для данного метода синтеза титанатов может использоваться электрическая печь, обеспечивающая высокие температуры и длительное время выдержки, или вакуумная печь для особых условий, например, для предотвращения окисления материала и обеспечения равномерного распределения тепла.

Метод термического синтеза является одним из наиболее распространенных и эффективных методов получения титанатов с высокой чистотой и однородностью структуры, однако он также имеет некоторые недостатки. В процессе термического синтеза могут возникать проблемы с загрязнением получаемого продукта примесями изначального сырья, а также с зависимостью качества продукта от ряда факторов, таких как температура и время синтеза, размер частиц исходного сырья, чистота сырьевых компонентов и другие. Однако, современные методы, такие как применение специализированного оборудования и использование пуринга сырьевых компонентов, могут существенно уменьшить количество загрязнений при синтезе. Кроме того, применение нанотехнологий и новых материалов, таких как шумерные материалы или графен, может значительно улучшить качество продукта и уменьшить затраты на процесс синтеза. В целом, термический

синтез по-прежнему остается одним из наиболее эффективных методов получения титанатов, но существует множество подходов для улучшения его эффективности и минимизации недостатков. Чтобы избежать брака, необходима тщательная оптимизация температурного режима и высокая чистота компонентов.

### **1.1.2. Особенности гидротермального синтеза титанатов**

Суть метода заключается в том, что смесь титановой кислоты и соответствующего гидроксида металла в виде насыщенного раствора помещается в стальной автоклав с фторопластовой футеровкой и нагревается в течение нескольких дней при высоком давлении и температуре (140÷200°C) что приводит к образованию титаната.



Как и в случае с термическим синтезом, физические превращения при гидротермальном синтезе могут быть контролируемы с помощью изменения условий синтеза, таких как pH, температура и время реакции. Также можно использовать различные методы обработки полученных соединений, такие как высушивание или введение примесей, чтобы изменить их свойства. Этот процесс позволяет получать титанаты с высокой чистотой, равномерностью и однородностью структуры.

### **1.1.3. Особенности синтеза титанатов оксалатным способом**

Оксалатный метод синтеза титанатов заключается в реакции титановой кислоты с оксалатом аммония или калия. Процесс синтеза начинается с приготовления раствора титановой кислоты путем растворения оксида титана в дистиллированной воде. Затем в этот раствор добавляют оксалат аммония или калия, при этом образуется осадок титаната. Полученный осадок затем отделяют от раствора, промывают и сушат. Далее проводят кальцинирование при высокой температуре (обычно в диапазоне 800÷1000 °C) для формирования окончательной структуры титаната.

Также существует второй метод, который заключается в том, что сначала титановый диоксид прокалывают в муфельной печи при температуре



от 700 до 800 градусов Цельсия в течение 2÷3 часов для удаления влаги и поверхностных примесей. Оксалат натрия ( $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) растворяется в дистиллированной воде. Далее прокаленный титановый диоксид и раствор оксалата натрия смешиваются вместе в соотношении 1:1 и перемешиваются на шейкере, после чего в реакционную смесь вносится азотная кислота ( $\text{HNO}_3$ ) для изменения pH среды до значения 2÷3, что позволяет расщепить ионы титана, образующие титанат. Далее смесь промывается дистиллированной водой и отжимается осадок на центрифуге. Операцию промывки необходимо повторять несколько раз для удаления всех следов кислоты и оксалата. После удаления воды ацетоном и сушки в вакууме полученный титанат считается готовым к использованию.

Таким образом, синтез титанатов оксалатным способом позволяет получить достаточно чистый и высокодисперсный продукт при умеренных затратах и времени.

#### **1.1.4. Альтернативные методы синтеза титанатов**

Метод соль-гель: титанаты могут быть получены путем гидролиза титанового алкоксида в присутствии соответствующих металлических солей, что приводит к образованию геля, который затем обжигается для получения титаната.

Метод электроосаждения: титанаты могут быть получены путем электрохимического осаждения из раствора, содержащего соответствующие металлы и титанаты.

Метод синтеза в микроволновой печи: смесь титанового оксида и соответствующего оксида металла помещается в микроволновую печь и нагревается в течение нескольких минут, что приводит к образованию титаната.

Кроме того, существуют дополнительные технологические особенности синтеза титанатов, такие как выбор способа введения реагентов в реакционную среду, управление температурой и давлением, проведение постобработки материала и другие. Правильная оптимизация этих параметров

позволяет получать титанаты с заданными свойствами, такими как морфология, структура и фазовый состав.

## **1.2. Физико-химические и технологические особенности процесса спекания керамических материалов на основе титанатов.**

Процесс спекания керамических материалов на основе титанатов является ключевым этапом их производства. Ниже перечислены некоторые особенности этого процесса:

- Температурный режим: Одной из основных особенностей спекания титанатных керамических материалов является высокая температура, необходимая для получения желаемой структуры и свойств конечного продукта. Эта температура обычно находится в диапазоне 1100÷1500 градусов Цельсия и более.

- Длительность процесса: другой важной особенностью является необходимость контроля скорости нагрева и охлаждения, чтобы избежать возможных деформаций и трещин в материале.

- Использование инертных газов: во время процесса спекания часто используются инертные газы, такие как аргон или азот, для предотвращения окисления материала и обеспечения равномерного распределения тепла.

- Использование прессования: в некоторых случаях важно учитывать размер и форму деталей, которые будут спекаться, поэтому процесс спекания проводят только после предварительного прессования, что обеспечивает необходимую плотность, равномерный нагрев и структуру материала.

- Регулирование химического состава: химический состав и структурные параметры титанатов могут быть регулируемыми путем использования различных присадок и добавок в состав материала.

Последовательность обработки материала является основным фактором, от которого зависит структура прессованных заготовок. Процесс обжига играет ключевую роль в формировании этой структуры, которая определяет свойства конечного изделия. При обжиге материала происходят

физико-химические явления, которые приводят к образованию твердого тела из сырца, а также полиморфным превращениям, разложению или соединению с образованием новых фаз. Все эти процессы в конечном итоге провоцируют росту или растворение кристаллов и другим изменениям в структуре материала. Из-за изменения значения поверхностной энергии в отдельных участках спекаемой системы и происходит перенос вещества, результатом которого и будет спекание.

На сам процесс спекания влияют следующие механизмы переноса вещества, которые могут проявляться либо индивидуально, либо комплексно для различных видов керамических материалов:

- Диффузионный;
- Жидкостный;
- Перенос за счет испарения и конденсации;
- Перенос за счет пластической деформации;

Они представляют собой основные факторы формирования уникальной структуры конечного продукта. Конкретно для современной технической керамики, частью которой являются диэлектрики на основе титанатов, характерны твердофазовые виды спекания:

- Полная (неограниченная) взаимная растворимость при спекании компонентов – в результате спекания таких систем образуется одна фаза (взаимный твердый раствор); на промежуточных стадиях спекания существуют несколько фаз: частицы исходных металлов и твердые растворы переменной концентрации.

- Ограниченная взаимная растворимость компонентов при спекании – на промежуточных стадиях процесса спекания порошкового тела обычно находятся все фазы, указанные на диаграмме состояния, практически независимо от исходного состава смеси порошков. Это связано с тем, что на промежуточном этапе происходит гомогенизация материала, где компоненты соединяются между собой, образуя новые фазы, что является

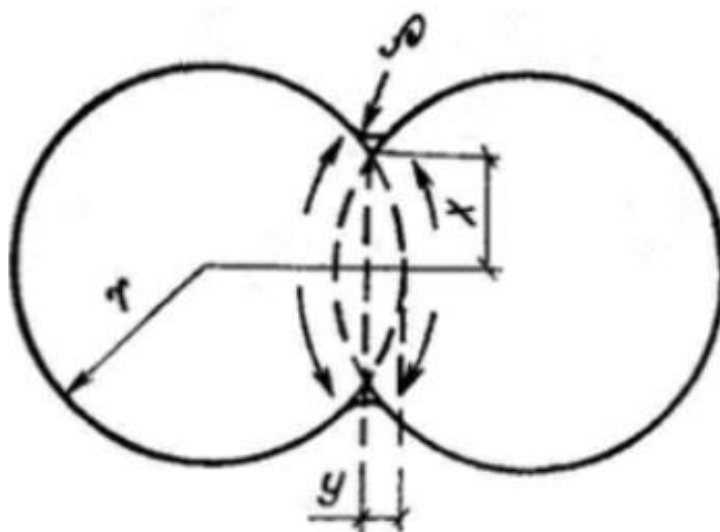
основным фактором формирования структуры и свойств конечного изделия.

- Взаимно нерастворимые (невзаимодействующие) компоненты при спекании – при образовании межфазной границы АВ ее поверхностная энергия должна быть меньше, чем сумма поверхностных энергий частиц  $A$  и  $B$ , в противном случае порошковое тело спекаться не будет;

Диффузионный механизм, он же твердофазное спекание, представленный в работе, возможен при отсутствии жидкой фазы. Итоговые характеристики диэлектрика (структура и наличие дефектов кристаллической решетки) напрямую зависят от того, насколько полно пройдет этот процесс. Чем больше дефектов имеют кристаллическая решетка и поверхность спекаемого кристалла, тем больше его поверхностная энергия, которая будет влиять на деформацию структуры конечного изделия.

Свободная энергия кристалла - это термодинамический показатель, который отражает всю энергию, которая связана со структурой кристалла при заданных условиях температуры и давления. Она содержит в себе основную энергию, связанную с относительным расположением атомов в кристаллической решетке, а также энергию, связанную с дополнительными факторами, такими как тепловое движение, компрессионное напряжение и другие. Свободная энергия кристалла может быть использована для предсказания термодинамических свойств кристалла, включая его тепловое расширение, теплоемкость, термическую кондуктивность и другие важные параметры. При нагревании материала и соприкосновении его частиц происходит, как уже говорилось, процесс диффузии, когда вещество переносится из областей с высокой свободной энергией в области с меньшей свободной энергией, чтобы уравнивать энергию в системе. Контакт между мельчайшими кристаллическими частицами является движущей силой и источником энергии для процесса диффузии. В результате этого процесса кристаллические частицы постоянно переносятся и распределяются с целью выравнивания свободной энергии в системе. Это является основным фактором

который влияет на процесс спекания материала и его структуру. (рис.4).



**Рисунок 4** – Схема спекания по диффузионному механизму:  $r$  — радиус сферы;  $p$  — радиус кривизны образовавшейся перемычки;  $x$  — радиус площади контакта;  $y$  — разность между диаметрами сферы и центрами сближившихся сфер

Модель частиц вещества, представленная двумя сферами, может быть использована для объяснения процесса спекания керамических материалов. Если эти две сферы находятся рядом и нагреваются до определенной температуры, то они могут срастись между собой. В процессе спекания из-за нагрева и соприкосновения частиц происходит перенос вещества от поверхности контакта между частицами к поверхности образующихся перемычек, что приводит к их сращиванию. Этот процесс может быть циклическим и необходим для образования прочной связи между частицами. Благодаря ему и формируется желаемая структура, как это показано стрелками (рис. 4). Однако на практике при изготовлении керамических изделий, всегда учитывают усадку системы, возникающую из-за сближения и уплотнения частиц вещества. Она имеет несколько стадий: на при низких температурах наблюдается поверхностная диффузия. Однако с увеличением температуры появляется объемная диффузия, которая при повышении теплового движения атомов или ионов проявляется все больше, в то время как процесс поверхностной постепенно останавливается. Это связано с тем, что

кристаллическая решетка вещества, нагреваясь, стремится к совершенствованию и избавлению от дефектов строения. Другими словами, происходит "залечивание" дефектов вещества. Это происходит в связи с термодинамическим стремлением решетки к минимуму свободной энергии. Поэтому при диффузионном спекании происходят два встречных процесса:

- 1) перенос вещества в свободные (вакантные) места;
- 2) движение вакансий (незанятых узлов кристаллической решетки) к границам зерен. Этот суммарный процесс иногда называют диффузией вакансий.

При данном виде спекания частицы соединяются, образуя более крупные структуры, за счет чего уменьшается пористость всей системы. Этот процесс возникает из-за миграции вакансий, вызванной различием концентрации вакансий на поверхностях перемычек и кристаллов. Более выпуклые поверхности имеют меньшую свободную энергию и притягивают более многочисленные вакансии, провоцируя движение частиц в этом направлении. Результатом процесса является структура с более низкой свободной энергией и более тесным соединением частиц, что и улучшает механические свойства керамического материала.

Температура, длительность выдержки и дисперсность исходных материалов влияют на степень и скорость процесса. Наиболее интенсивное спекание происходит до достижения пористости около 10%, после чего скорость уплотнения замедляется.

Еще одним из важных факторов, влияющих на диффузионное спекание, является дисперсность частиц – характеристика размера или распределения размеров частиц в материале. Для керамических материалов дисперсность обычно определяется размером частиц порошка, используемого для изготовления отдельных компонентов, либо рассматривается размер и распределение частиц керамики самой по себе. Точная дисперсность может влиять на свойства керамического материала, такие как плотность, прочность, термическую и электрическую проводимость, поверхностную энергию и

термическую устойчивость. Оптимальная дисперсность зависит от конкретного материала и его требований к свойствам, а также от процесса изготовления, в котором он будет использоваться. Чем тоньше кристаллические порошки, тем больше интенсивность спекания. Это связано с тем, что частицы более тонкие, поэтому они имеют большую поверхность для контакта друг с другом, что способствует интенсивному спеканию. Для получения высококачественных керамических материалов очень важно правильно измельчать кристаллические порошки. Чем тоньше частицы, тем лучше происходит процесс спекания и выше качество материала. При поднятии температуры происходит изменение формы пор в кристаллах: начиная с более высокой температуры, они становятся более сферическими. Это связано с ростом кристаллов или перемещением пор к границам кристалла, что толкает их за пределы системы. Тем не менее, в некоторых случаях поры могут быть захвачены поликристаллическими сростками и сохраняться внутри границы кристаллов, что приводит к образованию внутрикристаллической пористости.

Образование такой пористости связано с процессом точечного недопоставления и включает в себя два взаимодействующих фактора: сжатие между скрытыми точками и между включениями и массивными диффузионными перезарядками на границе раздела включение-матрица. Очень важно контролировать этот процесс, чтобы избежать образования пористости и получить качественный продукт. Для успешного диффузионного спекания кристаллических материалов очень важно учитывать множество факторов, одним из которых является коэффициент диффузии. Он зависит от структуры и дефектности кристаллической решетки, которые в свою очередь могут быть изменены добавлением специальных примесей. Однако, не все добавки могут повысить коэффициент диффузии и дефектность кристаллической решетки. Для снижения затрат и повышения эффективности процесса спекания керамических материалов, необходимо тщательно подобрать добавки в зависимости от конкретного материала, дабы увеличить

дефектность кристаллической решетки и получить наилучший результат. В целом, выбор подходящих добавок для спекания керамических материалов – это очень важный этап в производстве керамических изделий высокого качества.

В большинстве случаев диффузионное спекание кристаллических тел сопровождается ростом зерен. Это происходит в определенном температурном диапазоне и называется рекристаллизацией, когда более крупные кристаллы образуются за счет перемещения вещества через общую границу кристалла малого размера на кристалл большего размера. Перемещение вещества происходит через границу кристаллов в сторону кристалла с меньшей свободной энергией. Изменение свободной энергии АГ зависит от кривизны границы между зернами. Если границы между зернами плоские, то изменение свободной энергии минимально, что затрудняет процесс рекристаллизации.

Разница свободной энергии кристаллов по обе стороны границы между зернами – это та движущая сила, которая определяет направление движения границы к центру ее кривизны. Установлено, что при рекристаллизации границы между зернами мигрируют к центру кривизны. Элементарные кристаллы, имеющие больше 6 сторон, будут расти до некоторого предельного размера, а кристаллы с меньшим числом сторон уменьшаются и полностью исчезают. Таким образом, кривизна границы между зернами играет важную роль в процессе рекристаллизации, определяя направление движения границы и размер кристаллов в итоговом продукте. Этот фактор также должен быть учтен в процессе спекания керамических материалов. (рис. 5).



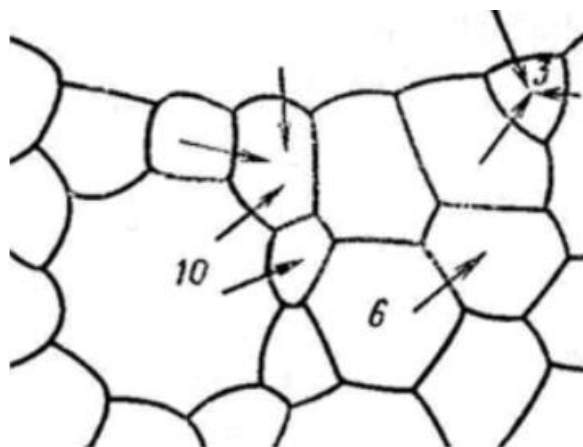


Рисунок 5 – Схема роста кристалла: стрелки указывают направление движения границ между зернами, цифры в кристаллах — число их граней

Установлено, что скорость роста зерен обратно пропорциональна радиусу кривизны границы.

Рост кристалла не останавливается на образовании монокристалла, как можно было бы ожидать, а прерывается на среднем размере кристалла из-за влияния новых образований на границах кристаллов, что замедляет процесс. Иногда размеры зерен увеличиваются в несколько сот раз, но слишком быстрое увеличение может отрицательно сказаться на механических свойствах керамики, так как это приведет к увеличению напряжения на границах между кристаллами.

Диффузионный механизм спекания кристаллических керамических материалов широко распространен среди различных видов технической керамики, включая оксидную, ферриты, титанаты и многие другие. Этот механизм обычно сопровождается процессом рекристаллизации.

Таким образом, процесс спекания керамических материалов на основе титанатов является сложным и требует тщательного контроля, но может обеспечить высококачественный конечный продукт с уникальными свойствами, такими как высокая диэлектрическая проницаемость и пьезоэлектрические свойства.[15]

### 1.3. Эксплуатационные свойства керамических материалов на основе титанатов (физические, диэлектрические, электрофизические)

Керамические материалы на основе титанатов оцениваются по следующим электро-параметрам:

- высокая электрическая прочность;
- низкий тангенс угла потерь;
- заданная диэлектрическая проницаемость;
- низкий температурный коэффициент диэлектрической проницаемости

**Диэлектрическая проницаемость** вещества определяется его поляризацией и измеряется как отношение его проницаемости к проницаемости вакуума или воздуха. Единицей измерения диэлектрической проницаемости керамического материала является отношение емкости конденсатора на основе данного материала к емкости конденсатора с вакуумным или воздушным зазором:

$$\varepsilon = \frac{C}{C_{\text{в}}}$$

где  $C$  и  $C_{\text{в}}$  – емкость конденсаторов соответственно из данного материала и с воздушным зазором.

По величине диэлектрической проницаемости, зависящей от структуры и химического состава, керамические диэлектрики могут быть разделены на три группы:

1) с низкой диэлектрической проницаемостью,  $\varepsilon < 10$ . К ним относят керамику на основе чистых оксидов —  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  и др., различные виды фарфора, стекла и т. д.;

2) со средней диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 10 \div 1000$ . Это группа титанатов, например,  $\text{CaTiO}_3$ ,  $\text{MgTiO}_3$ ;

3) с высокой диэлектрической проницаемостью,  $\varepsilon > 1000$ . К ним относят  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{PbTiO}_3$ ,  $\text{PbZrO}_3$ ,  $\text{BiTiO}_3$  и растворы на их основе.

В первой группе  $\epsilon$  обуславливается в основном электронной и ионной поляризуемостью, которая обычно не зависит от характера структуры и имеет незначительные величины.

Высокая диэлектрическая проницаемость некоторых материалов, таких как  $\text{BaTiO}_3$ ,  $\text{PbTiO}_3$  и другие, объясняется наличием доменов - произвольно ориентированных участков однородной поляризации - даже в отсутствии внешнего поля. Эти материалы, имеющие перовскитную структуру, относятся к классу сегнетоэлектриков. Их полная поляризация и, соответственно, диэлектрическая проницаемость в основном определяются спонтанной поляризацией. Существование спонтанной поляризации в материалах наблюдается при низких температурах и продолжается до определенной максимальной температуры, которая называется сегнетоэлектрической точкой Кюри. При температурах, превышающих сегнетоэлектрическую точку Кюри, сильное тепловое движение атомов может разрушить эффект направленного смещения ионов в элементарных ячейках, поддерживающий положительную и отрицательную поляризацию.

**Температурный коэффициент диэлектрической проницаемости ТК $\epsilon$ .** Изменение температуры влияет на проницаемость керамических материалов в соответствии с изменением их поляризации. Для диэлектриков с ионной и электронной поляризацией увеличение температуры приводит к изменению подвижности ионов и дефектности кристаллической решетки, что может вызвать увеличение или уменьшение поляризации и диэлектрической проницаемости. В то время как для диэлектриков с кристаллической решеткой типа перовскита со спонтанной поляризацией, влияние температуры имеет более сложную зависимость.

Наибольшую ценность представляют керамические материалы с низким температурным коэффициентом диэлектрической проницаемости (ТК $\epsilon$ ), так как они обеспечивают высокую температурную стабильность при использовании в электрических схемах.

**Диэлектрические потери** (или угол диэлектрических потерь  $\text{tg}\delta$ ) являются наиболее важной характеристикой электроизоляционной керамики, на которой основывается выбор данного материала для службы в радиоэлектронике и электротехнике. Диэлектрические потери при высоких напряжениях и частотах вызывают нагрев диэлектрика.

Диэлектрические потери обуславливаются рядом физических процессов, протекающих в диэлектрике при наложении на него электрического поля, а именно:

- а) поляризацией диэлектрика;
- б) сквозной электропроводностью;
- в) процессами, связанными с неоднородной структурой – наличием полупроводящей фазы, газовых включений, влаги и т. д.

К потерям при поляризации могут относиться различные процессы, такие как ионно-релаксационные, электронно-релаксационные, резонансные и потери за счет спонтанной поляризации. При использовании керамических материалов как диэлектриков, диэлектрические потери могут быть незначительными при низких и сверхвысоких частотах, но достигают своего максимума в области частот, близких к собственной частоте колебаний ионов и электронов в материале. Это связано с тем, что в этой области частот происходят интенсивные переходы электронов и ионов между различными энергетическими уровнями, что приводит к дополнительным потерям и ухудшению диэлектрических свойств материала.в (около  $10^{14}$ – $10^{16}$  Гц).

Так как проводимость диэлектрика растет экспоненциально с температурой, то следует ожидать, что и диэлектрические потери за счет проводимости будут изменяться по этому закону.

Диэлектрические потери могут быть вызваны наличием полупроводящей фазы, газовых включений или влаги в материале, что приводит к увеличению сквозной проводимости диэлектрика и повышению потерь. Особенно значительны потери при наличии влаги или загрязнений поверхности, где поверхностная проводимость диэлектрика зависит от

влажности воздуха и состояния поверхности. Кроме того, наличие пор в материале также может вызвать дополнительные диэлектрические потери. При наличии закрытой пористости и высоких напряженностей электрического поля происходит ионизация газовых включений, что может привести к увеличению диэлектрических потерь в материале.

**Электрической прочностью** керамики называют ее способность противостоять пробивному действию приложенного электрического поля, выражается она пробивным напряжением в киловольтах, деленным на толщину диэлектрика в сантиметрах или миллиметрах. Электрический пробой керамических изоляционных материалов под действием приложенного поля может происходить различными путями. Различают пробой твердых диэлектриков четырех видов:

- электрический однородных диэлектриков;
- электрический неоднородных диэлектриков;
- тепловой;
- химический;

Электрический пробой по своей природе является чисто электронным процессом, когда из немногих начальных электронов создается электронная лавина. Чистый электронный пробой характерен для монокристаллов, т. е. однородных диэлектриков, а электрокерамика, всегда содержащая газовые включения, разрушается в электрическом поле вследствие других форм пробоя. Электрический пробой керамических диэлектриков характеризуется быстрым развитием, он протекает за время менее  $10^{-7} \div 10^{-8}$  с.

Электрическая прочность керамики зависит в значительной степени от однородности структуры. Поэтому керамический материал имеет более низкие пробивные напряжения, чем стекла. Тепловой пробой возникает тогда, когда количество тепла, выделяющегося в диэлектрике за счет проводимости  $\chi$  или потерь  $\text{tg}\delta$ , превышает количество тепла, которое может рассеиваться в нем при данных условиях. В местах перегрева проводимость значительно увеличивается, и ток может достигать величины, достаточной для пробоя

диэлектрика. Химический пробой керамики возникает при повышенной температуре и высокой влажности воздуха, и его развитие требует длительного времени в связи с электровосстановлением, переходом ионов в атомы или ионы пониженной валентности. Химический пробой тесно связан с электропроводностью, поэтому наличие щелочных оксидов способствует его возникновению. Увеличение концентрации проводящих ионов щелочных металлов и неоднородность строения керамики снижают пробивное напряжение, поэтому этот феномен необходимо учитывать при создании керамических изделий.

Обычно значение электрической прочности сохраняется при температурах до 200°C, но по мере ее повышения, значение характеристики становится все больше, что увеличивает электрическую проводимость.

При оценке механических свойств технической керамики, необходимо учитывать, что материал лучше выдерживает сжатие, нежели растяжение, изгиб или удар. Кроме того, на прочность керамики влияют ее микроструктура, межатомные силы в фазах, пористость, макро- и микродефекты, а также количественное соотношение фаз. Одной из ключевых механических характеристик керамики является ее трещиностойкость, то есть способность сопротивляться распространению трещин по поверхности. Кроме того, твердость является важным показателем механических свойств керамики.

Термические свойства, такие как теплопроводность, теплоемкость и термическое расширение, являются основными параметрами теплофизических характеристик керамики. Они играют важную роль в определении термостойкости материала – его способности сохранять целостность при быстрой смене температур и сопротивлению внутренним (термоупругим) напряжениям, которые могут вызвать разрушение.

## **2. Методы исследования и материалы**

### **2.1. Методы исследования**

Для исследования состава и структуры твердых кристаллических веществ был подобран ряд методов:

- Рентгенофазовый анализ (РФА);
- Растровая электронная микроскопия (РЭМ);
- Определение удельной поверхности методом ПСХ-2;
- Гидростатическое взвешивание;

#### **2.1.1. РФА – рентгенофазовый анализ**

Рентгенофазовый анализ является одним из прямых методов исследования состава и структуры твердых кристаллических материалов. В основе данного метода лежит явление дифракции рентгеновских лучей на кристаллической решетке анализируемого материала.

Дифракция – это графическое изображение интерференционной картины, возникающей при дифракции световой волны на определенном объекте или структуре. Дифрактограмма отображает зависимость интенсивности света от угла дифракции и используется для анализа свойств оптических материалов, структур и для исследования характеристик световых волн.

Рентгенофазовый анализ служит для определения разных кристаллических фаз в смеси на основе анализа дифракционной картины исследуемого вещества. В качестве исследуемой смеси выступает тонкодисперсный порошок, обычно полученный после термической обработки состава. Это обусловлено простотой и универсальностью.

Аппаратурой для регистрации дифракционной картины является дифрактометр, позволяют проводить анализ образцов быстро и с большой точностью.

Дифрактограмма, полученная при рентгеновской дифракции образца, представляет собой график интенсивности отраженных рентгеновских лучей от угла их отражения. Если образец является кристаллом, то на

дифрактограмме наблюдаются четкие пики (рефлексы), соответствующие характеристическим углам для данной кристаллической решетки. В случае, если образец представлен аморфным веществом, то пики на дифрактограмме имеют размытое распределение. Затрудненность в проведении РФА керамики состоит в разделении близко расположенных дифракционных максимумов для минералов со схожими параметрами кристаллической решетки, минералов, которые имеют общий структурный тип.

### **2.1.2. РЭМ – растровая электронная микроскопия**

Растровая электронная микроскопия заключается в сканировании поверхности исследуемого образца сфокусированным электронным пучком в одновременном детектировании возникающих при этом излучений и получении контрастов: топографического и композиционного.

РЭМ анализ поверхности исследуемого образца проводится с использованием вторичных электронов для визуализации морфологии поверхности и обратно рассеянных электронов, чтобы получить изображения поверхности с контрастом по электронной плотности, т.е. композиционном составе поверхности.

### **2.1.3. Определение удельной поверхности**

Когда мы говорим о площади поверхности порошка, то учитываем, что все частицы имеют разные форму и размер, и что измерить каждую возможности нет, поэтому вводится понятие удельной поверхности дисперсного материала – отношение суммарной поверхности всех частиц измельченного дисперсного материала к их массе или объему (измеряется в  $\text{см}^2/\text{см}^3$  или  $\text{см}^2/\text{г}$ ). Чем меньше размер этих зерен (зависит от помола), тем соответственно больше площадь их общей поверхности, также влияет гладкость поверхности частицы, так как пористая поверхность повлияет на общую суммарную поверхность. Одна из самых распространенных характеристик дисперсности. По показателю величины удельной поверхности можно судить о физических свойствах полученного после измельчения материала. Данный показатель измельчения материала очень важен при



подготовке сырья для производства. Эта величина является также главным показателем, характеризующим расход энергии, затраченной на измельчение

Метод определения удельной поверхности основан на измерении сопротивления, оказываемого воздуху, просасываемому через слой уплотненного материала определенной толщины и площади поперечного сечения. Провести измерение можно с помощью прибора ПСХ-2 (прибор Судакова-Ходакова).

Принцип действия прибора ПСХ-2 основан на зависимости воздухопроницаемости слоя порошка от размеров его частиц. На перфорированный диск укладывают кружок фильтрованной бумаги и высыпают в кювету испытуемый материал, накрывают его кружком фильтровальной бумаги и уплотняют порошок. Пользуясь нониусом на планке плунжера и шкалой на поверхности кюветы, определяют высоту слоя уплотненного материала. После чего создают такое разрежение под слоем материала, чтобы жидкость в манометре поднялась до уровня верхней колбочки. Затем закрывают кран и, пользуясь секундомером, замеряют время, в течение которого мениск жидкости манометра пройдет между двумя соседними рисками. Вычисление удельной поверхности испытуемого материала производят по формуле:

$$S_0 = K \frac{M\sqrt{T}}{P}$$

где К – постоянная прибора (указывается в паспорте прибора для каждой пары рисков); Т – время прохождения мениска жидкости между двумя рисками манометра, с; Р – величина навески материала, г; М – величина, зависящая от высоты слоя материала и вязкости воздуха.

#### **2.1.4. Гидростатическое взвешивание**

Определение открытой пористости методом гидростатического взвешивания основано на измерении массы жидкости, заполнившей открытые поры твердого материала, предварительно провакуумированного и

погруженного в жидкость. Открытая пористость выражается в процентах и рассчитывается по формуле:

$$\Pi = \frac{(m_2 - m)}{(m_2 - m_1)} * 100\%$$

где  $m$  – масса сухого образца,  $m_1$  – насыщенного в воде,  $m_2$  – насыщенного на воздухе. Результирующее значение позволяет определить открытую пористость твердого материала, которая выражается в процентах и показывает, какая часть общего объема материала составляет открытые поры.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4Г91	Манакова Анастасия Юрьевна

<b>Школа</b>	Инженерная школа новых производственных технологий	<b>Отделение Школа</b>	Научно-образовательный центр Н. М. Кижнера
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 Химическая технология

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

5. <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
6. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
7. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

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

**Перечень графического материала**

6. Оценка конкурентоспособности ИП
7. Матрица SWOT
8. Диаграмма Ганта
9. Бюджет НИ
10. Основные показатели эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ООТД ШБИП ТПУ	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4Г91	Манакова Анастасия Юрьевна		

## **5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

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 – получение титанатов кальция и стронция с заданными свойствами.

### **5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **5.1.1. Анализ конкурентных технических решений**

Для проведения анализа были отобраны следующие конкуренты, подходящие для сравнения научно-исследовательской разработки:

- 1) ОАО «Завод Магнетрон»;
- 2) ООО «Диэлектрик»

В таблице 4.1 показано сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 4.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>НР</sub>	Б <sub>К1</sub>	Б <sub>К2</sub>	К <sub>НР</sub>	К <sub>К1</sub>	К <sub>К2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Удобство в эксплуатации	0,085	5	4	4	0,425	0,340	0,340
2. Надежность	0,096	4	5	5	0,384	0,480	0,480
3. Экологичность	0,086	5	5	4	0,430	0,430	0,344
4. Доступность сырьевых материалов	0,095	4	3	4	0,380	0,285	0,380
5. Проводимость	0,091	5	4	4	0,455	0,364	0,364
6. Стоимость сырьевых материалов	0,097	4	3	3	0,388	0,291	0,291
7. Масса	0,072	4	3	4	0,288	0,216	0,288
8. Термическое расширение	0,029	5	3	3	0,145	0,087	0,087
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Цена	0,103	4	2	2	0,412	0,206	0,206
2. Наличие сертификации разработки	0,188	3	3	3	0,564	0,564	0,564
3. Конкурентоспособность продукта	0,022	3	2	3	0,066	0,044	0,066
4. Срок выхода на рынок	0,021	3	4	3	0,063	0,084	0,063
5. Уровень проникновения на рынок	0,015	3	4	5	0,045	0,060	0,075
<b>Итого</b>	<b>1</b>	-	-	-	<b>4,045</b>	<b>3,451</b>	<b>3,548</b>

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$\begin{aligned}
 K &= \sum V_i * B_i = \\
 &= (5 * 0,085) + (4 * 0,096) + (5 * 0,086) + (4 * 0,095) + (5 * 0,091) \\
 &+ (4 * 0,097) + (4 * 0,072) + (5 * 0,029) + (4 * 0,103) + (3 * 0,188) \\
 &+ (3 * 0,022) + (3 * 0,021) + (3 * 0,015) = 4,045
 \end{aligned}$$

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

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

### 5.1.2. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ, который показывает Strength – сильные, Weakness – слабые стороны, а также Opportunities – возможности и Treats – угрозы проекта, другими словами, он применяется для анализа внешней и внутренней среды проекта.

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

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
С1. Наличие бюджетного финансирования.	Сл1. Высокие требования к экспериментальному оборудованию.
С2. Безопасность при использовании.	Сл2. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.
С3. Использование хорошей научно-исследовательской базы.	Сл3. Вероятность получения брака.
С4. Экологичность технологии.	Сл4. Недостаток научной базы в области исследования.
С5. Надежность продукции.	
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	У3. Высокие требования к техническим характеристикам продукции
В4. Сотрудничество с зарубежными фирмами в данной отрасли.	

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	+	-	-	+	-
	B4	-	-	-	+	-

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

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	+	+	-
	B2	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-
	B4	-	-	-	-

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

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	+	-	-	+
	У2	-	+	+	-	+
	У3	+	-	-	-	+

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

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

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>С1. Наличие бюджетного финансирования.  С2. Безопасность при использовании.  С3. Использование хорошей научно-исследовательской базы.  С4. Экологичность технологии.  С5. Надежность продукции.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>Сл1. Высокие требования к экспериментальному оборудованию.  Сл2. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.  Сл3. Вероятность получения брака.  Сл4. Недостаток научной базы в области исследования.</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ  В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.  В3. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.  В4. Сотрудничество с зарубежными фирмами в данной отрасли.</p>	<p><b>Направления развития</b></p> <p>В2С5. Надежность продукции позволяет расширить потенциальный спрос на новые разработки.  В3С1С4. Относительно низкая цена исходного сырья и экологичность технологии являются основой для экспорта за рубеж и выхода на мировой рынок.  В4С4. Экологичность технологии может дать начало сотрудничеству с зарубежными фирмами в данной отрасли.</p>	<p><b>Сдерживающие факторы</b></p> <p>В1Сл1Сл2Сл3. Использование новейшего оборудования для удовлетворения требований исследований, также может уменьшить экспериментальную ошибку и предотвратить появление брака.</p>
<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.  У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.  У3. Высокие требования к техническим характеристикам продукции</p>	<p><b>Угрозы развития</b></p> <p>У1С2С5. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, продукция надежна и безопасна.  У2С2С4С5. Безопасность при использовании, надежность продукции и экологичность технологии являются основой для привлечения клиентов на мировом рынке.</p>	<p><b>Уязвимости</b></p> <p>У2Сл1Сл2Сл3. Введение систем совершенствования производственных процессов удовлетворит требования исследования, снизит погрешности, неопределенности и вероятность получения брака.</p>

В результате SWOT-анализа показано, что преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками, которые на данный момент на



практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

## 5.2. Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1. 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 НИР	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
--	----	-----------------------------------	---------

### 5.2.2. 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:

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

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

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

$t_{\text{max}i}$  – 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;

$t_{\text{ож}i}$  – 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		$t_{ожсi}$ , 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
2. Календарное планирование выполнения ВКР	2	2	4	3	2,2	2,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	7	-	9	-	7,8	7,8	12
4. Выбор методов исследования	1	4	2	6	1,4	4,8	3,1	5
5. Планирование эксперимента	-	4	-	6	-	4,8	4,8	7

6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	14	-	21	-	16,8	16,8	25
8. Обработка полученных данных	-	8	-	10	-	8,8	8,8	13
9. Оценка правильности полученных результатов	4	2	6	4	4,8	2,8	3,8	6
10. Составление пояснительной записки	-	7	-	9	-	7,8	7,8	12
<b>Итого:</b>	9	53	16	75	11,8	61,8	64,1	95

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	$T_{ki}$ 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)

### 5.3. 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.

### 5.4. Расчет материальных затрат научно-технического исследования

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

Данная часть включает затраты всех материалов, используемых при получении образца – стальная подложка с силикатно-эмалевым покрытием. Результаты расчета затрат представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Затраты на получение образцов

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Оксид титана	кг	2	295	590
Карбонат кальция	кг	1	2100	2100
Карбонат стронция	кг	1,5	800	1200
Карбонат бария	кг	0,07	1230	86,10
ИСП	л	5	300	1500
ПВБ	кг	0,06	6725	403,50
Оксид цинка	кг	0,06	1730	103,8
Стальная подложка	м <sup>2</sup>	0,0025	1955	4,89
Перчатки резиновые, технические	пар	30	8	240
<b>Итого:</b>				<b>6228,20</b>

## 5.5. 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:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m,$$

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	Лабораторные весы VIBRA AB 323CE	1	3	0,16	33	77 720	342
2	Сушильный шкаф LOIP LF-25/350-GG1	1	5	0,1	20	48 516	81
3	BML-2 Мельница шаровая	1	25	0,1	4	299 600	100
4	РФА-установка ДРОН-3М	1	10	0,16	10	2 000 000	2 667
5	ТА-установка STA 449 F3 Jupiter 1	1	10	0,1	10	3 000 000	2 500
6	Установка индукционного нагрева ИМ 60-8-50	1	10	0,1	10	744 000	620
7	Печь камерная	1	7	0,16	14	70 000	82
<b>Итого:</b>						6 239 836 руб.	

### 5.5.1. 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  $Z_{осн}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

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

где  $Z_{дн}$  – 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):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (4.8)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $F_d$  – 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):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{30000 \cdot 11,2}{213} = 1577,5 \text{ руб.}, \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{мс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 33\,150 \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

где  $Z_{mc}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{np}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_{\partial}$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_p$  – 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	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{mc}$ , руб	$k_{np}$	$k_{\partial}$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{он}$ , руб	$T_p$ , раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	11,8	25338,1
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1577,5	61,8	108723,6
Итого:								133062,7

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} = 0,15 * 26300 = 3945 \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн} = 0,15 * 108723,6 = 16308,4 \text{ руб.}, \quad (4.13)$$

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

### 5.5.2. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 * (26300 + 3945) = 9073,5 \text{ руб.}, \quad (4.14)$$

– для инженера:



$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}}(Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 * (16308,4 + 108723,6) = 37509,6 \text{ руб.}, (4.15)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2023 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

### 5.5.3. 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
6932	6228,20	133062,7	16308,4	34138,6	196669,9

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

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

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

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НР «Разработка титанатов кальция и стронция с заданными свойствами» 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	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	6228,20	7462,6	6498,33	Пункт 4.2.3.1

2	Затраты на специальное оборудование	6 239 836	8 567 256	7 983 155	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	133032	125039,3	145039,3	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16308,4	18755,9	18755,9	Пункт 4.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	46583,1	47138,6	47138,6	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	32973,12	37683,9	37683,9	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		6 474 961	8 803 336	8 238 271	Сумма ст. 1- 6

### **5.6. 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.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) ОАО «Завод Магнетрон»;
- 2) ООО «Диэлектрик»

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

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

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

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{тек.проект} = 6\,474\,961$  руб,  $\Phi_{исп.1} = 8\,803\,336$  руб,  $\Phi_{исп.2} = 8\,238\,271$  руб.

$$I_{финр}^{тек.пр} = \frac{\Phi_{тек.пр}}{\Phi_{max}} = \frac{6474961}{8803336} = 0,73;$$

$$I_{финр}^{исп.2} = \frac{\Phi_{исп.2}}{\Phi_{max}} = \frac{8803336}{8803336} = 1;$$

$$I_{финр}^{исп.3} = \frac{\Phi_{исп.3}}{\Phi_{max}} = \frac{8238271}{8803336} = 0,94;$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) и вариант 3 (ООО «Диэлектрик») считаются более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

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

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,10	4	4	3
2. Сложность технологии	0,10	3	3	3
3. Диэлектрические свойства	0,25	5	3	4
4. Термофизические свойства	0,15	4	5	3
5. Энергосбережение	0,25	5	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	3	3
ИТОГО	1	4,4	3,65	3,5

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,10 * 4 + 0,10 * 3 + 0,25 * 5 + 0,15 * 4 + 0,25 * 5 + 0,15 * 4 = 4,4;$$

$$I_{p1} = 0,10 * 4 + 0,10 * 3 + 0,25 * 3 + 0,15 * 5 + 0,25 * 4 + 0,15 * 3 = 3,65;$$

$$I_{p1} = 0,10 * 3 + 0,10 * 3 + 0,25 * 4 + 0,15 * 3 + 0,25 * 4 + 0,15 * 3 = 3,5.$$

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

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

$$I_{исп.1} = \frac{4,4}{0,73} = 6,03; \quad I_{исп.2} = \frac{3,65}{1} = 3,65; \quad I_{исп.3} = \frac{3,5}{0,94} = 3,72.$$

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	0,73	1	0,94
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	3,65	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,34	3,65	3,72
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,84	0,86

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

## 5.7. 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 этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 102 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 98 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 11,8 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 6 474 961 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

- значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,73, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной;
- значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,3, по сравнению с 3,65 и 3,5;
- значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,34, по сравнению с 3,65 и 3,72, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Обучающемуся:

Группа	ФИО
4Г91	Манакова Анастасия Юрьевна

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	НОЦ Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ООП/ОПОП	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: получение титанатов кальция и стронция с заданными свойствами. Область применения: диэлектрики для установки в медицинскую импульсную установку
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 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 №197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) – Федеральный закон №426-ФЗ от 28 декабря 2013 года «О специальной оценке условий труда» – ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования – ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования – ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности – ГОСТ 12.0.004-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ потенциальных опасных и вредных производственных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия опасных и вредных производственных факторов	Вредные факторы: – производственные факторы, связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания; – отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения; – производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды; – производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной

	<p>среде и характеризуемые повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума;</p> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды;</li> <li>– подвижные части производственного оборудования;</li> <li>– производственные факторы, связанные с электрическим током.</li> </ul>
3. Экологическая безопасность:	<p>Воздействие на атмосферу: выбросы пыли.</p> <p>Воздействие на гидросферу: загрязнение сточных вод.</p> <p>Воздействие на литосферу: загрязнение почвы.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС: химическая авария, аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения, пожар.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	02.02.2023
---	------------

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Гуляев Милий Всеволодович	–		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г91	Манакова Анастасия Юрьевна		