



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 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов  
ООП/ОПОП Материаловедение и технологии материалов  
Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА**

Тема работы
Влияние предварительного ЭИПС керамики Y-TZP на уплотнение, структуру и свойства при последующей термической консолидации
УДК 666.3.04

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б92	Ван Чжаои		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ ИШНПТ	Хасанов О. Л.	д.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Сечин А. И.	д.т.н. профессор		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП/ОПОП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель специализации «Наноструктурные материалы», доцент	Г.В. Лямина	к.х.н. доцент		

**Результаты обучения по направлению  
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-2	Способен использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях
ОПК(У)-3	Готов применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен сочетать теорию и практику для решения инженерных задач
ОПК(У)-5	Способен применять в практической деятельности принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов

ПК(У)-2	Способен осуществлять сбор данных, изучать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию по тематике исследования, разработке и использованию технической документации, основным нормативным документам по вопросам интеллектуальной собственности, подготовке документов к патентованию, оформлению ноу-хау
ПК(У)-3	Готов использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов
ПК(У)-4	Способен использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
ПК(У)-5	Готов выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации
ПК(У)-6	Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями
	Способен выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов
	Готов исполнять основные требования делопроизводства применительно к записям и протоколам; оформлять проектную и рабочую техническую документацию в соответствии с нормативными документами
ПК(У)-9	Готов участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК (У)-1	Способен применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов
ДПК (У)-2	Готов реализовывать технологии производства объемных наноматериалов и изделий на их основе, включая технологии получения и предварительной подготовки сырья



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 (ООП) 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов  
Отделение школы Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) Г.В.Лямина  
(ФИО)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
154Б92	Ван Чжаои

Тема работы:

Влияние предварительного ЭИПС керамики Y-TZP на уплотнение, структуру и свойства при последующей термической консолидации	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 61-8/с от 02.03.2023

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2023
--	------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Литературные источники: базы данных <a href="http://www.sciencedirect.com">www.sciencedirect.com</a>, <a href="http://onlinelibrary.wiley.com">onlinelibrary.wiley.com</a>, <a href="http://oversea.cnki.net">oversea.cnki.net</a>, <a href="http://link.springer.com">link.springer.com</a>.</li> <li>2) Оборудование и лабораторный инвентарь НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» отделения материаловедения Томского политехнического университета.</li> <li>3) Объекта исследования: керамика на основе нанопорошка стабилизированного 3 моль% оксидом иттрия диоксида циркония.</li> </ol> <p>Требования к результатам: зависимости, отражающие влияние предварительного ЭИПС на спекание и гидротермальную стойкость керамики на основе Y-TZP.</p>
<p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию,</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Характеризация исходного порошкового материала;</li> <li>2) Одноосное одностороннее прессование порошкового материала;</li> </ol>

<p><b>проектированию и разработке</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>3) Предварительное электроимпульсное плазменное спекание исходного материала при 1000 °С;  4) Свободное спекание при 1400 °С спрессованных и предварительно спеченных образцов;  5) Изучение влияния предварительного спекания на структуру изготовленной керамики;  6) Изучение гидротермальной стойкости изготовленной керамики.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>СЭМ изображения материалов и керамики</p>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук И.В. Доцент к.т.н.
Социальная ответственность	Сечин А.И. Профессор ООД ШБИП

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:**

Введение, литературный обзор, методика эксперимента, результаты и их обсуждение, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность и заключение

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ ИШНПТ	Хасанов О.Л.	д.т.н. профессор		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б92	Ван Чжаои		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
154Б92	Ван Чжаои

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение Школа</b>	Материаловедение
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
--	--

<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
--	---

<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>
---	--

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

<i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
---	---

<i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
---	--

<i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
---	--------------------------------------

<i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Расчет интегрального показателя эффективности.</i>
---	---

#### Перечень графического материала

Оценка конкурентоспособности ИР; Матрица SWOT; Диаграмма Ганта; Бюджет НИ; Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б92	Ван Чжаои		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
154Б92		Ван Чжаои	
<b>Школа</b>	ИШНПТ	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Материаловедение
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление</b>	22.03.01.Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

<b>Изучение влияния предварительного ЭИПС керамики Y-TZP на уплотнение, структуру и свойства при последующей термической консолидации.</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект: керамики на основе тетрагонального ZrO <sub>2</sub> , стабилизированного Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Область применения: медицина, технологии
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b> – 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 02.12.2019). – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ – ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ
<b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<i>Были выявлены следующие вредный факторы производства:</i> 1. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Отсутствие или недостаток естественного света; 4. Химически вредные вещества в воздухе рабочей зоны. <i>Были выявлены следующие опасные факторы производства:</i> 1. Движущиеся машины и механизмы; 2. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; 3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; <i>Были выявлены основные источники опасности, выбраны средства защиты и определены защитные мероприятия.</i>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы). Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Пожар
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИИП	Сечин Александр Иванович	д.т.н. профессор		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б92	Ван Чжаои		





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 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов  
Уровень образования бакалавриат  
Отделение школы Отделение материаловедения  
Период выполнения весенний семестр 2022 /2023 учебного года

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

Обучающийся

Группа	ФИО
154Б92	Ван Чжаои

Тема работы:

Влияние предварительного ЭИПС керамики Y-TZP на уплотнение, структуру и свойства при последующей термической консолидации

Срок сдачи студентом выполненной работы:	14.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
24.04.2023	Литературный обзор	15
15.05.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
18.05.2023	Социальная ответственность	25
20.04.2023	Методика эксперимента	20
24.05.2023	Результаты и их обсуждение	25

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ ИШНПТ	Хасанов О. Л.	д.т.н.		24.04.2023

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП/ОПОП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель специализации «Наноструктурные материалы», доцент	Г.В. Лямина	к.х.н.		24.04.2023

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б92	Ван Чжаои		24.04.2023

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: 82с., 7 рис., 25 табл., 56 источников.

**Ключевые слова:** керамика, стабилизированный оксидом иттрия диоксид циркония (Y-TZP), гидротермальное старение, низкотемпературная деградация, структура, свойства.

**Объектами исследования** является порошок и керамика на основе диоксида циркония, стабилизированная 3 мол. %  $Y_2O_3$ .

**Цель работы:** изучении влияния предварительного ЭИПС керамики Y-TZP на уплотнение, структуру и свойства при последующей термической консолидации.

**Результаты исследования показали,** что образцы, после предварительного ЭИПС, обладают большей плотностью, что позволяет снизить температуру и/или выдержку при свободном спекании. Предварительное электроимпульсное плазменное спекание способствует уменьшению пористости. Наилучшей стойкостью к образованию моноклинной фазы обладают образцы, изготовленные с использованием ЭИПС. Применение технологии ЭИПС для изготовления Y-TZP керамики значительно повышает её стойкость к гидротермальной деградации.

**Область применения:** данные, полученные в результате исследования, могут быть использованы для оптимизации технологии изготовления изделий из Y-TZP керамики, востребованной в современной промышленности и медицине.

**Экономическая значимость работы:** упрощение задачи оптимизации технологии изготовления Y-TZP керамики, изготовление керамики Y-TZP с повышенной стойкостью к гидротермальному воздействию.

## Список сокращений

НТД – низкотемпературная деградация;

СЭМ – сканирующий электронный микроскоп;

ЭИПС – электроимпульсное плазменное спекание;

РФА – рентгенофазовый анализ;

Y-TZP – иттрий-стабилизированный поликристаллический тетрагональный диоксид циркония.

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	15
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	17
1.1 Керамика на основе стабилизированного иттрием диоксида циркония	17
1.2 Низкотемпературная деградация Y-TZP .....	18
1.2.1 Температура старения .....	18
1.2.2 Влияние различных растворителей на гидротермальное старение Y-TZP .....	18
1.3 Влияние размера зерна на гидротермальное старение Y-TZP .....	20
1.4 Влияние методов спекания на гидротермальное старение Y-TZP .....	21
1.4.1 Двухстадийное спекание .....	21
1.4.2 Горячее изостатическое прессование после спекания .....	22
1.4.3 Спекание в электрическом поле .....	23
1.5 Влияние старения на топографию поверхности и свойства Y-TZP .....	23
2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	25
2.1 Материал исследований .....	25
2.2 Изготовление керамических образцов .....	25
2.3 Изучение структуры изготовленных образцов .....	26
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ .....	29
3.1 Материал исследований .....	29
3.1. Кинетика спекания .....	31
3.2. Микроструктура исследуемых образцов .....	33
3.3 Анализ гидротермальной стойкости образцов .....	35
Выводы по разделу .....	37
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	38

Введение .....	38
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	38
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений .....	38
4.1.2 SWOT-анализ метода темплатного синтеза .....	40
4.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	43
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	43
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	45
4.3 Бюджет научно-технического исследования .....	49
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования .....	50
4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования .....	51
4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	53
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) ..	55
4.3.5 Накладные расходы .....	56
4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	57
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	58
4.5 Выводы по разделу .....	61
<b>ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....</b>	<b>63</b>
Введение .....	63
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ....	63
5.1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) ..	63
5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя .....	64

5.2 Производственная безопасность .....	65
5.2.1. Анализ вредных производственных факторов .....	65
5.2.2. Анализ опасных производственных факторов .....	68
5.3. Экологическая безопасность .....	72
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	74
5.5. Выводы по разделу .....	76

## ВВЕДЕНИЕ

В промышленности диоксид циркония используется для производства огнеупоров, керамики, эмали и стекла и др. Диоксид циркония также используется в стоматологии для изготовления коронок. Используется как сверхтвердый материал. В быту используется как материал керамических ножей, а его преимущество в том, что его не нужно точить. Диоксид циркония имеет много преимуществ, таких как высокая твердость, отличная коррозионная стойкость, высокая трещиностойкость и низкая теплопроводность, а также отличные механические свойства — прочность на изгиб достигает 1,2 ГПа [1]. Эта высокая прочность обусловлена тетрагональной фазой диоксида циркония [2]. Эту фазу обычно поддерживают путем добавления оксида иттрия в качестве стабилизатора (Y-TZP-Стабилизированный оксидом иттрия тетрагональный поликристаллический диоксид циркония).

Недостатком этого материала является то, что его тетрагональная фаза будет самопроизвольно переходить в моноклинную фазу при высокой температуре и влажной среде, что приведет к деградации и охрупчиванию керамических изделий. Многие исследователи выявили несколько факторов, влияющих на устойчивость Y-TZP к деградации. В том числе температура спекания, среда гидротермического старения, метод спекания, размер зерна, степень тетрагональности, примеси на границах зерен и т. д. [2-4]. Хорошо известно, что температура спекания выше 1350 °С приводит к неравномерному распределению ионов  $Y^{3+}$ , и зерна делятся на области, богатые ионами, и области, бедные  $Y^{3+}$ . Области, обедненные ионами  $Y^{3+}$ , становятся центрами зарождения моноклинной фазы. [14].

Методы высокоскоростной консолидации, например электроимпульсное плазменное спекание (ЭИПС), могут быть использованы для получения устойчивой к деградации керамики с малым размером зерна [5]. Однако недостатком ЭИПС является то, с его помощью непросто получить изделия сложной формы.

Сложные формы можно получить путем предварительного спекания прессованной заготовки. Предварительное спекание придает заготовке прочность, необходимую для последующего фрезерования. За фрезированием следует окончательное спекание для придания изделию необходимой плотности и прочности. Хотя этот метод популярен, исследований влияния параметров предварительного спекания на свойства готовой керамики из диоксида циркония немного [3, 4].

Целью настоящего исследования является изучение влияния предварительного ЭИПС керамики Y-TZP на уплотнение, структуру и свойства при последующей термической консолидации.

Задачи выпускной квалификационной работы:

1. Характеризация исходного порошкового материала;
2. Одноосное одностороннее прессование порошкового материала;
3. Предварительное электроимпульсное плазменное спекание исходного материала при 1000 °С;
4. Свободное спекание при 1400 °С спрессованных и предварительно спеченных образцов;
5. Изучение влияния предварительного спекания на структуру изготовленной керамики;
6. Изучение гидротермальной стойкости изготовленной керамики.



# ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Керамика на основе стабилизированного иттрием диоксида циркония

Чистый диоксид циркония претерпевает фазовое превращение из моноклинного (стабильного при комнатной температуре) в тетрагональный (примерно при 1173 °С), а затем в кубический (около 2370 °С) по следующей схеме:

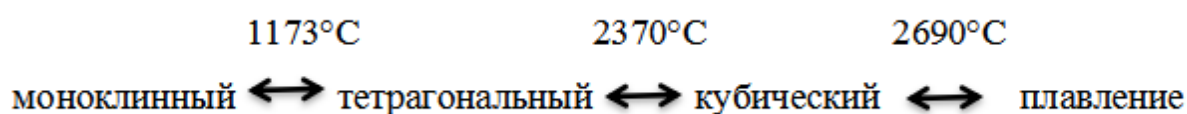


Рис. 1.1. Фазовое превращение диоксида циркония

Получение стабильного спечённого керамического изделия из диоксида циркония затруднено из-за большого изменения объёма при переходе тетрагональной фазы в моноклинную (около 5 %). Стабилизация кубического полиморфа диоксида циркония в более широком интервале температур достигается замещением некоторых ионов  $\text{Zr}^{4+}$  (ионный радиус 0,82 Å слишком мал для идеальной решетки флюорита, характерной для тетрагонального диоксида циркония) в кристаллической решётке несколько более крупными ионами, например  $\text{Y}^{3+}$  (ионный радиус 0,96 Å). Полученные легированные оксиды циркония называют стабилизированными оксидами циркония [30].

$\text{ZrO}_2$  в композиции с 3 моль. %  $\text{Y}_2\text{O}_3$ , при спекании в диапазоне температур от 1300 °С до 1500 °С позволяет получить Y-TZP тетрагональной структуры, обладающий высокой трещиностойкостью 4–10 МПа м<sup>1/2</sup>, модулем Юнга около 180–210 ГПа, твердостью по Виккерсу 11–13 ГПа и сопротивлению разрушению 900–1200 МПа. Другие отличительные свойства Y-TZP включают высокую износостойкость, низкий коэффициент трения, химическую инертность, низкую теплопроводность и высокую температуру плавления. Недостатком этого материала является то, что его тетрагональная

фаза будет самопроизвольно переходить в моноклинную фазу при высокой температуре и влажной среде, что приведет к деградации и охрупчиванию керамических изделий. Многие исследователи выявили несколько факторов, влияющих на устойчивость Y-TZP к деградации. В том числе температура спекания, среда гидротермического старения, метод спекания, размер зерна, степень тетрагональности, примеси на границах зерен и т. д. [2-4].

## **1.2 Гидротермальная среда старения**

### **1.2.1 Температура старения**

На скорость образования моноклинной фазы в Y-TZP со временем или кинетику старения также влияет среда старения, т. е. температура старения, среда, давление и время воздействия. Согласно ISO 13356 рекомендуется ускоренное старение при 134 °C/2 бар в течение 5 ч и это будет похоже на фактическое воздействие 15–20 лет на имплантаты в ортопедической и стоматологической промышленности. Это указывает на то, что 1 час пара в автоклаве соответствует 3–4 годам старения *in vivo*. Что касается промышленной керамики, условия испытания на старение более суровые, то есть при 180 °C/10 бар в течение 1 часа.

Хорошо задокументировано, что вызванное старением фазовое превращение  $t$  в  $m$  происходит при низкой температуре от 150 °C до 400 °C. Несколько исследователей обнаружили, что сильное фазовое превращение происходит при температуре от 180 °C до 300 °C. При этих температурах образовалась много моноклинной фазы, что приводит к ухудшению механических свойств [22].

### **1.2.2 Влияние различных растворителей на гидротермальное старение Y-TZP**

Kawai и др. выдерживали коммерческий Y-TZP производства Daiichi Japan в трех различных растворах: дистиллированной воде, растворе Хенкса и молочной кислоте при 140 °С в течение 7 дней. Аналогичное моноклинное содержание около 60% было измерено в Y-TZP независимо от типа среды, что побудило авторов полагать, что растворы оказывают незначительное влияние на поведение Y-TZP при старении [11]. В среде полости рта диоксид циркония будет постоянно подвергаться большим нагрузкам при жевании, колебаниям температуры, изменениям pH, а бактерии полости рта могут усилить эффект старения по сравнению с использованием для ортопедических имплантатов в организме. Kosmač и др. провел эксперимент с коммерческим биомедицинским порошком Tosoh Y-TZP (TZ-3YB-E), подвергнув образцы искусственной слюне при 37 °С, и обнаружил, что прочность на изгиб снижается с 1000 МПа (после спекания) до примерно 900 МПа после 24 ч. выдержки [33]. Этот результат согласуется с результатами, полученными Miragaia и др. которые сообщили об уменьшении прочности на изгиб с 1322,9 МПа до 843,7 МПа для коммерческого стоматологического Y-TZP (Lava Frame) после пребывания в полости рта человека с использованием внутриротовых приспособлений в течение 60 дней [34]. Авторы объяснили, что снижение прочности на изгиб произошло из-за фазового превращения, вызванного присутствием ионов и влаги в слюне человека. Van и др. проводили старение образцов TZ-3YB-E в физиологическом растворе (0,88% NaCl) при 80 °С в течение 30 дней, 4% уксусной кислоте при 80 °С в течение 30 дней и в автоклаве с паром при 121 °С/1 бар в течение 10 дней [35]. После эксперимента по старению в различных средах у всех образцов Y-TZP развивались моноклинная фаза, сопровождающееся снижением прочности на двухосный изгиб. По мнению авторов, старение в автоклаве в течение 10 дней было наиболее тяжелым, так как в образцах было 50 % моноклинной фазы и 15 % снижение прочности на изгиб. Напротив, в образцах Y-TZP, выдержанные в солевом растворе и уксусной кислоте, зафиксировали содержание моноклинной фазы около 2%.

Cotes и др. исследовали различные гидротермические условия старения и обнаружили, что автоклавное старение коммерческих образцов Y-TZP (Vita In-Ceram) при 134 °C/2 бар в течение 12 ч вызывает ускоренное старение с образованием 30% моноклинной фазы по сравнению с 12,2%, полученными при выдерживании в дистиллированной воде при 37 °C в течение 400 дней [36]. Другое исследование показало, что содержание моноклинной фазы, измеренное для коммерческого Kobe Y-TZP в автоклаве при 121 °C/1,5 бар в течение 190 часов, было почти эквивалентно эффекту старения в физиологическом растворе при 62 °C в течение 18 месяцев. Обе среды привели к развитию около 80% моноклинной фазы в Y-TZP после старения [12].

### **1.3 Влияние размера зерна на гидротермальное старение Y-TZP**

Размер зерна, как правило, связан со стабильностью тетрагональных зерен, так как это влияет на увеличение прочности при трансформации и поведение Y-TZP при старении [13]. Многие исследователи считают, что существует предел критического размера зерна, выше которого происходит превращение тетрагональной фазы в моноклинную.

Masaki обнаружил, что при воздействии на образец горячего воздуха при 200 °C в течение 2000 часов фазовый переход из моноклинной в тетрагональную фазу подавлялся, когда размер зерен образца был меньше 0,5 мкм. [13]. Кроме того, два ученых, Чен и Лу, предложили диаграмму старения для описания поведения Y-TZP в воздухе и воде при НТД [20]. Они варьировали температуру старения в разные периоды времени от 100°C до 500°C (30 часов на воздухе, 1 неделя в воде) и нашли критический размер зерна 0,52 мкм для воздуха и 0,37 мкм для воды. Этот результат ясно демонстрирует, что гидротермическое старение становится более сильным при воздействии горячей воды или пара по сравнению с воздействием воздуха. Поэтому большинство исследований НТД было сосредоточено на

хранении образцов диоксида циркония в гидротермальных условиях, особенно в условиях перегретого пара [21].

Сообщается также, что Y-TZP, спеченные при более высоких температурах спекания ( $> 1350$  °C), влияют на кинетику фазового превращения во время старения. Как обычно показано на рисунке 1.2, высокая температура спекания и длительное время выдержки приводят к более высоким скоростям превращения m-фазы. В этом эксперименте было обнаружено, что размер тетрагонального зерна увеличивается с 0,4 мкм до 0,9 мкм при повышении температуры спекания с 1450 °C (2 часа) до 1500 °C (5 часов) [23].

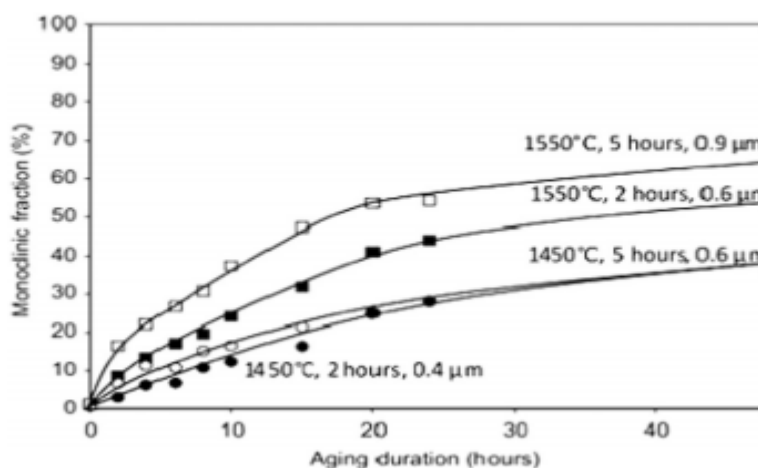


Рисунок 1.2 – Развитие моноклинной фазы для Y-TZP, спеченного при различных температурах и времени выдержки, подвергнутого гидротермическому старению при 134 °C/2 бар.

## 1.4 Влияние методов спекания на гидротермальное старение Y-TZP

### 1.4.1 Двухстадийное спекание

Одним из методов является двухстадийное спекание, при котором образец сначала спекается до промежуточной плотности при высокой температуре T1, а затем охлаждается до более низкой температуры T2, где выдерживается в течение определенного периода времени до достижения полного уплотнения [24]. Для двухстадийного спекания промежуточная

плотность должна быть выше 70–75% теоретической плотности, прежде чем переходить к T2. Исследователи отметили, что уплотнение произошло без роста зерен во время второго этапа спекания. Mazaheri и др. выполнили несколько циклов спекания на 3 мол. % Y-TZP и обнаружили, что эффект двухстадийного спекания будет уменьшен, если выбранные температуры T1 и T2 будут слишком близки друг к другу, т.е. 1300 °С и 1250 °С, соответственно [39]. Исследователи утверждали, что оптимальная промежуточная плотность должна составлять не менее 83% от теоретического значения, чтобы уплотнение происходило без роста зерен [25].

#### **1.4.2 Горячее изостатическое прессование после спекания**

Горячее изостатическое прессование (ГИП) — это металлургический процесс, используемый для уменьшения пористости и увеличения плотности керамических материалов. Метод используется для улучшения механических свойств и обрабатываемости материалов [26]. В большинстве исследований температура ГИП выбиралась равной или выше температуры предварительного спекания. Masaki подвергал ГИП и предварительному спеканию Y-TZP при 1400°C и обнаружил, что после старения на воздухе при температуре от 100°C до 500°C в течение до 2000 часов содержание моноклинной фазы в образце ГИП оставалось на уровне около 15%. Эти образцы также не показали потери прочности после старения. Друситц и Шрот использовали ГИП при 1200°C и предварительно спекали при более высоких температурах 1370°C и 1460°C. Они обнаружили, что ГИП обеспечивает высокую плотность (99,7%) и малый размер зерна (<0,35 мкм). Индуцированные старением моноклинные зародыши в образцах ГИП возникали только после длительного гидротермального старения в течение 200 ч в дистиллированной воде при 90 °С [27].

### 1.4.3 Спекание в электрическом поле

Еще одним хорошо зарекомендовавшим себя методом спекания, способным повысить уплотнение Y-TZP, является спекание в электрическом поле. Эта технология включает в себя электроимпульсное плазменное спекание, известная как метод спекания в полевых условиях или спекание импульсным током. Эти методы известны быстрым спеканием материала. Преимуществом этих методов являются высокая скорость нагрева (600-1000°C/мин) и малое время выдержки (3-5 мин), что позволяет уменьшить размер зерна спекаемого тела [29]. Например, сообщалось, что ЭИПС со скоростью нагрева 600 °C/мин позволяет достигать высокой плотности (>99%) и высокой твердости, около 14,5 ГПа. Кроме того, было обнаружено, что Y-TZP, после ЭИПС, проявлял меньший износ при 1200 °C, 1250 °C и 1300 °C по сравнению с Y-TZP, обработанным HIP, при 1450 °C. Исследования старения, проведенные Smirnov и др. показали, что Y-TZP, после ЭИПС, дает содержание моноклинной фазы примерно 20% [28].

### 1.5 Влияние старения на топографию поверхности и свойства Y-TZP

Во многих исследованиях сообщалось о влиянии старения на деградацию поверхности, например, как вырывание зерен, шероховатость, неровности и микротрещины. Эти повреждения поверхности приведут к снижению механических свойств. Haraguchi и др. сообщили об ухудшении поверхности головок бедренных костей из диоксида циркония после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава [29]. Они обнаружили, что шероховатость поверхности увеличилась с 0,006 мкм до 0,12 мкм, а содержание моноклинной фазы увеличилось с 1% до примерно 30%. Хотя авторы не выявили корреляции между шероховатостью поверхности и образованием моноклинных кристаллов, этот результат

предполагает, что вызванный старением фазовый переход t-m можно измерить, исследуя поверхность Y-TZP после воздействия окружающей среды. При фазовом переходе объем увеличивается примерно на 3-4%. Следовательно, зерна будут выталкиваться вверх к свободной поверхности, что изменит морфологию и повысит шероховатость поверхности керамики [31].



## 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Материал исследований

Эксперименты проводились с использованием в качестве материала исследования коммерческого порошка торговой марки TZ-3YSB-E. (Tosoh). По данным производителя размер частиц порошка составляет 90 нм, а удельная поверхность равна  $7 \pm 2$  м<sup>2</sup>/г. В таблице 2.1 представлены данные о химическом составе.

Таблица 2.1. Химический состав TZ-3YSB-E

Марка	ZrO <sub>2</sub> +HfO <sub>2</sub> +Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , масс.%	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , масс.%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , масс.%	SiO <sub>2</sub> , масс. %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , масс.%	Na <sub>2</sub> O, масс. %	Потери при прокаливани и (1000 °C), масс.%
TZ- 3YSB- E	>99,5	5,15±0,2 0	до 0,4	≤0,02	≤0,01	≤0,04	3,3±0,6

### 2.2 Изготовление керамических образцов

Прессование осуществлялось одноосным односторонним прессованием при давлении 75 МПа в стальной цилиндрической форме диаметром 14 мм. Масса навески порошка 2 г.

Электроимпульсное плазменное спекание (ЭИПС) проводили в вакууме на установке SPS 515S (SPS Syntex) в цилиндрической графитовой пресс-форме с внутренним диаметром 14 мм. Для удаления органической связки исходный порошок перед ЭИПС отжигали на воздухе при 600 °C в течении 2 ч. Масса навески порошка 3 грамма. Давление прессования 75 МПа. ЭИПС проводили при температуре 1000°C. Скорость нагрева и охлаждения составляла 100 °C/мин. При нагреве, за 50 °C до заданной температуры спекания скорость нагрева снижали до 50 °C/мин, а за 3 °C до 3°C/мин. Изотермическая выдержка составляла 1 мин.

Последующее спекание всех образцов проводили в высокотемпературной лабораторной печи ЛНТ 08/18 (Nabertherm) при 1400 °С с выдержкой 0, 2 и 6 ч. Скорость нагрева до 1100 °С составляла 200 °С/ч, от 1100 °С до 1400 °С – 100 °С/ч. Для того, чтобы получить наиболее достоверные значения плотности образца в заданный момент изотермической выдержки и минимизировать уплотнение при охлаждении печи, нагреватели отключали.

Плотность прессованных и предварительно спеченных образцов измеряли микрометрами и аналитическими весами. Теоретическая плотность Y-TZP составляет 6,1 г/см<sup>3</sup>. При расчете относительной плотности компакта в массу вносили поправку на погрешность, исходя из содержания органического связующего (примерно 3 %) в порошке. Для расчета плотности образцов после свободного спекания при 1400 °С использовали результаты гидростатического взвешивания в дистиллированной воде.

Для расчёта длительности изотермического спекания при температуре 1400 °С, необходимой для достижения 99 % плотности керамики, использовали уравнение, предложенное В.А. Ивенсеном [6]:

$$V=V_{\text{н}}(qmt\tau+1)^{-1/m}$$

Где  $V$ – относительный объем пор в текущий момент времени,  $V_{\text{н}}$  – относительный объем пор в начале изотермической выдержки,  $\tau$  – продолжительность изотермической выдержки,  $q$  и  $m$  – постоянные, зависящие от температуры спекания и свойств порошка. Коэффициент  $m$  в уравнении отражает интенсивность снижения скорости сокращения объёма пор, а коэффициент  $q$  соответствует значению скорости относительного сокращения объёма пор в момент начала изотермической выдержки [6].

## 2.2 Изучение структуры изготовленных образцов

Размер зерен спечённой керамики определяли по снимкам полированной и термически травленной поверхности, полученным на сканирующем электронном микроскопе JEOL 7500FA. Термическое травление проводили на воздухе при 1100 °С в течении 1 ч. Для анализа изображений использовали программное обеспечение JMicroVision. Измеряли площадь отдельных зерен  $S$ , а за значение размера принимали эквивалентный диаметр.

Аттестацию керамики до НТД-испытаний проводили методами рентгенофазового анализа (РФА) на дифрактометре XRD-7000S (Shimadzu, Япония) на полированной поверхности в диапазоне углов (от 23 до 97 ° по  $2\theta$ ) с использованием метода Ритвельда в свободно распространяемом программном обеспечении "Profex". При уточнении использовали соответствующие PDF файлы тетрагональной фазы (PDF Card - 01-075-9648).

Без изменения типа решётки при преобразовании базисного вектора из пространственной группы (137) в координаты пространственной группы (225), численные значения двух параметров решетки изменятся в корень из двух раз и составят набор величин, которые позволяют корректно представить степень тетрагональности простым отношением  $c/a$ . Аналогичный прием используется авторами в ряде работ [18-20].

Таким образом, степень тетрагональности  $c/a$ , наряду со сведениями о содержании фаз, может использоваться для сопоставления и поиска закономерных связей между режимами спекания, размерами структурных элементов керамики и параметрами её кристаллической структуры с результатами НТД.

Испытание керамики на стойкость к НТД проводили с использованием автоклава в парах воды при условиях, соответствующих требованиям стандарта: температура 134°С и давление 0.2 МПа [16].

Оценку относительного содержания моноклинной фазы в образцах после LTD-испытаний при 134 °С и давление 0.2 МПа определили в узком диапазоне углов (от 26 до 33 ° по  $2\theta$ ), аналогично [12] по формуле:

$$f_m = \frac{I_m(\mathbf{11\bar{1}}) + I_m(\mathbf{111})}{I_m(\mathbf{11\bar{1}}) + I_m(\mathbf{111}) + I_t(\mathbf{101}) + I_c(\mathbf{111})}$$

где  $I$  – это интегральная интенсивность, а индексы  $m$ ,  $t$  и  $c$  указывают на моноклинную, тетрагональную и кубическую фазы, соответственно.

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

#### 3.1 Материал исследований

При уточнении результатов РФА методом Ритвельда, установлено, что наиболее достоверные результаты обработки рентгенограмм получаются при использовании двух типов тетрагональных фаз с разной степенью тетрагональности (с/а). Для t1-фаза, степень тетрагональности (с/а) более 1,01, а для t2-фаза – значение с/а менее 1,01. Тетрагональная t2 представляет фазу с низким значением степени тетрагональности, т.е. эта фаза очень близка к кубической. Результаты фазового состава исходного порошка представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Содержание фаз в порошке TZ-3YSB-E

Марка	Фаза t1,		Фаза t2, масс. %		Фаза m	R <sub>wp</sub>
	масс. %	с/а	масс. %	с/а	масс. %	
TZ-3YSB-E	36,3	1,0137	32,1	1,0045	31,6	7,64

Установлено, что в TZ-3YSB-E присутствует 3 модификации ZrO<sub>2</sub>. Среди них, тетрагональная фаза t1 со степенью тетрагональности 1.0137 – 36.3 масс. %, тетрагональная фаза t2 со степенью тетрагональности 1.0045 - 31.6 масс. %, и моноклинная фаза 31.6 масс. %.

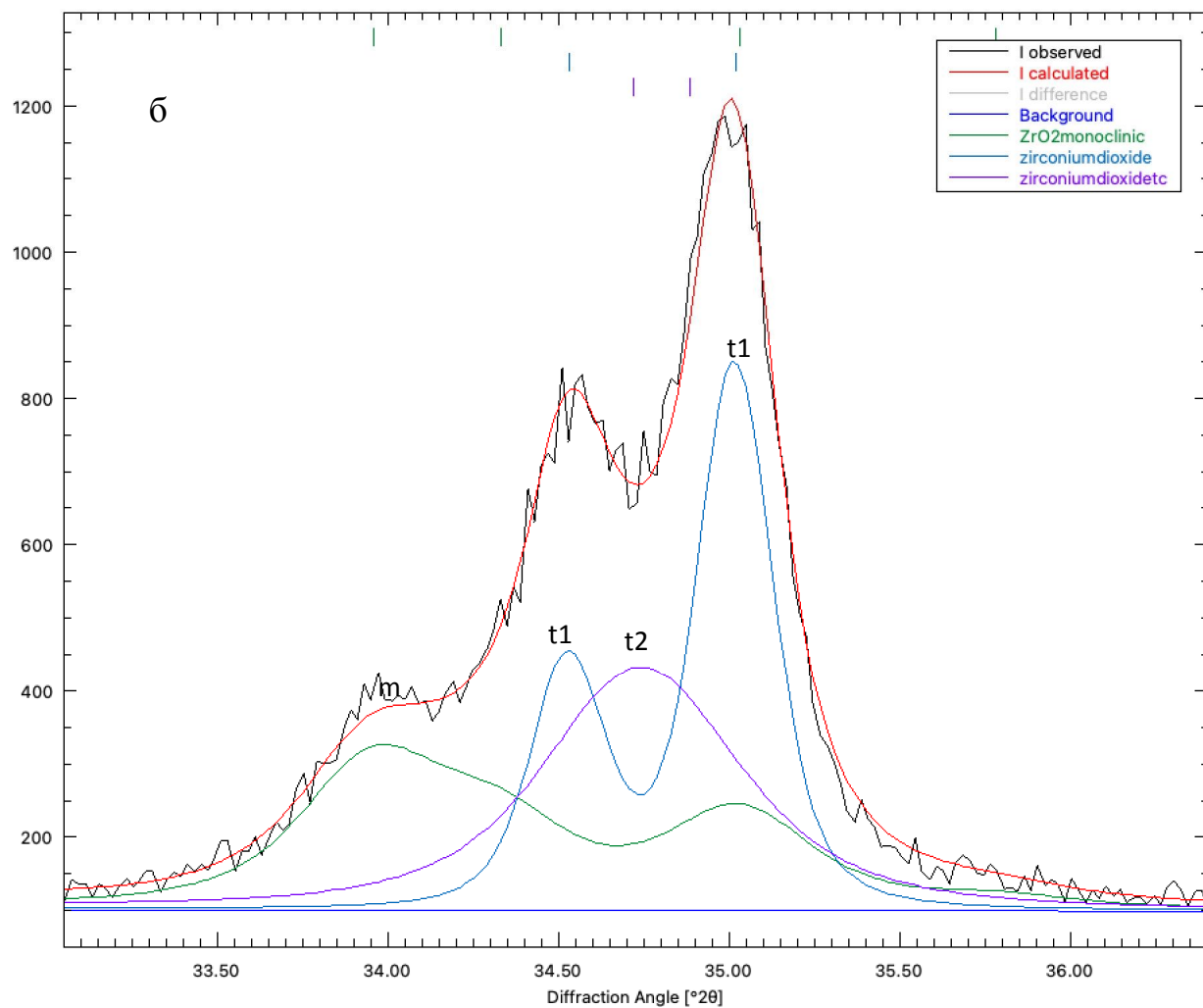
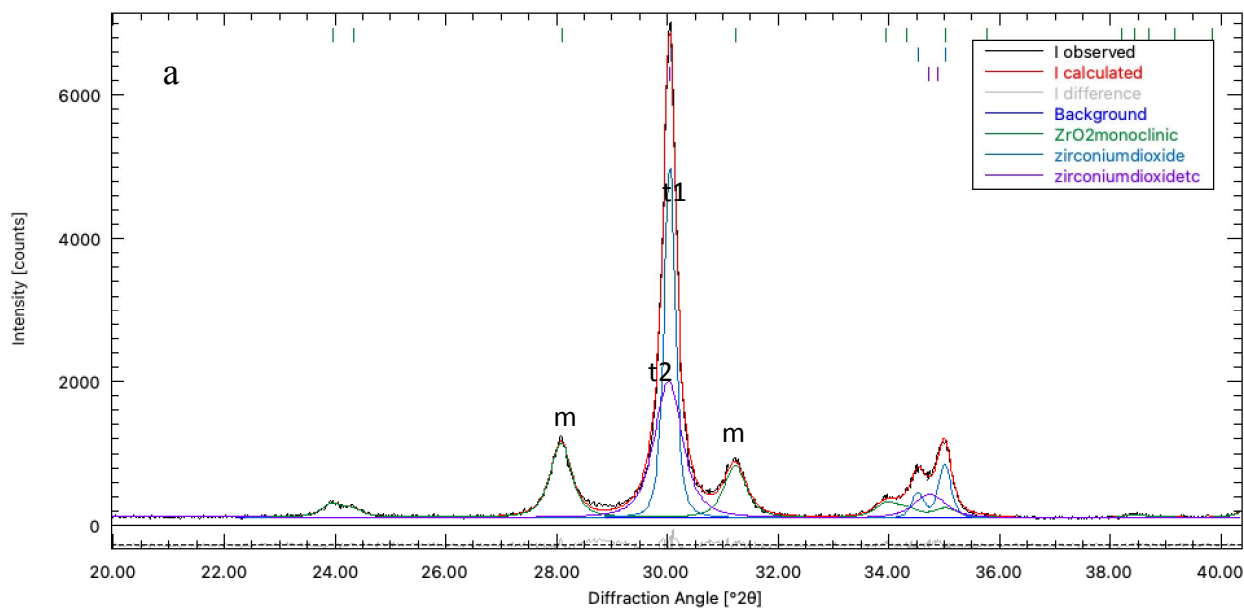


Рисунок 3.1 – Дифрактограмма порошка TZ-3YSB-E

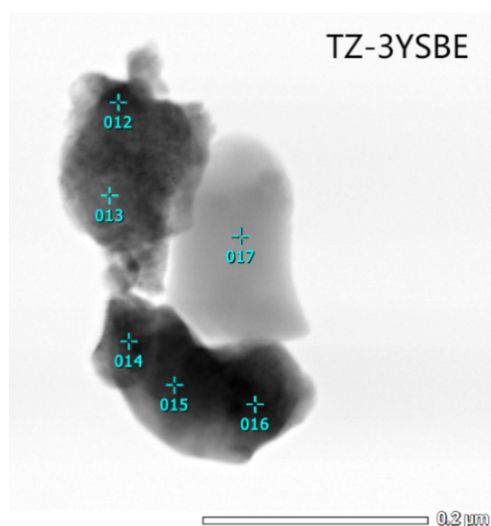


Рисунок 3.2 – СПЭМ изображение TZ-3YSBE

Проведённый локальный анализ ЭДС выявил неравномерное распределение  $Y_2O_3$  в отдельных частицах исследуемых материалов. Результаты представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2. Результаты ЭДС TZ-3YSB-E

Элементы, мол. %	TZ-3YSB-E					
	012	013	014	015	016	017
$Al_2O_3$	0,03	0,37	-	0,21	-	99,19
$Y_2O_3$	4,98	4,5	2,96	2,77	2,57	-
$ZrO_2$	94,99	94,56	96,78	96,45	97,13	-

Таким образом, исходный порошок имеют многофазный состав. Многофазность может быть вызвана неравномерным распределением  $Y_2O_3$ , выявленным при ЭДС.

### 3.1. Кинетика спекания

По схеме одноосного одностороннего прессования в стальной цилиндрической пресс-форме при давлении 75 МПа изготовили образцы с относительной плотностью 0,43. Предварительное электроимпульсное

плазменное проводили при температуре 1000 °С и давлении 75 МПа с выдержкой 1 мин. Значения плотности образцов представлены в таблице 3.3. Интенсивность процессов консолидации при SPS значительно выше, что позволяет получить образцы с относительной плотностью 0,56 уже при 1000 °С.

Таблица 3.3. Плотность образцов после прессования и электроимпульсного плазменного спекания

	Прессование	SPS
T, °С	-	1000
$\rho$	0,43	0,56

Последующее свободное спекание образцов проводили на воздухе при 1400 °С. Установлено, что предварительное электроимпульсное плазменное спекание существенным образом влияет на уплотнение. Расчеты изотермической выдержки для достижения 0,99 относительной плотности показали, что предварительно спеченные образцы требуют меньшего времени спекания. Необходимое время составляет 14 ч. для образцов после прессования. Относительная плотность достигает 0,99 уже после 2 ч., для предварительного ЭИПС при 1000 °С.

На рисунке 3.3 представлены значения относительной плотности в зависимости от выдержки при 1400 °С.



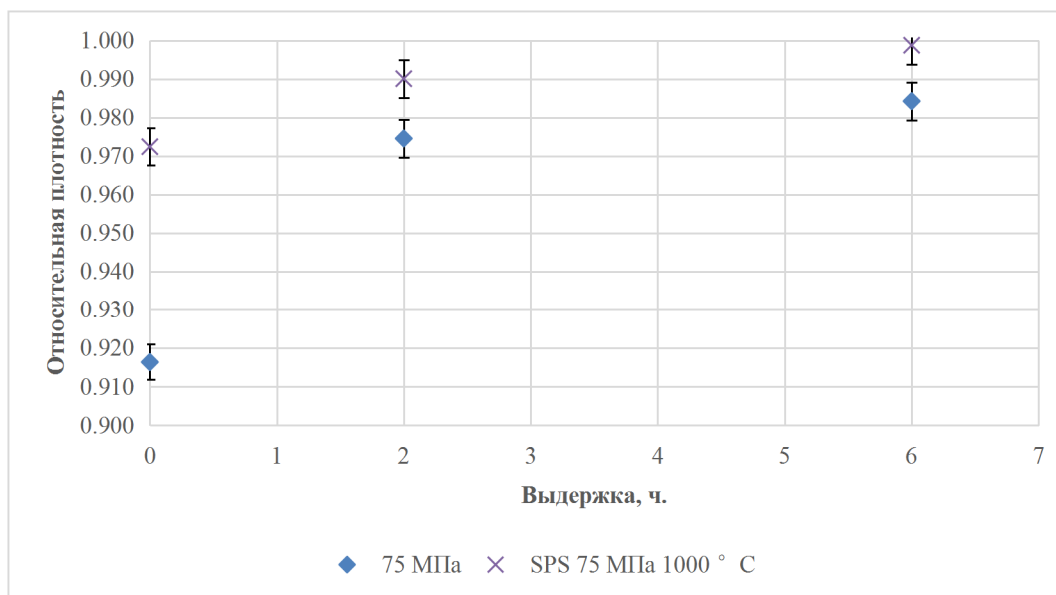


Рисунок 3.3. – Значения относительной плотности образцов в зависимости от выдержки при 1400 °С. 75 МПа – спрессованные образцы при 75 МПа; SPS 75 МПа 1000 °С – изготовленные ЭИПС-образцы при давлении 75 МПа и температуре 1000 °С.

Таким образом, использование ЭИПС позволяет в 7 раз сократить выдержку для достижения 99 % плотности при свободном спекании на воздухе при 1400 °С.

### 3.2. Микроструктура исследуемых образцов

Размер зёрен относили к занимаемой площади поверхности, а для сравнения образцов использовали характеристики распределения D10, D50 и D90. Установлено, что предварительное ЭИПС приводит к росту размеров зерен. При этом, снижение выдержки для достижения заданной плотности образцов после предварительного SPS позволяет получить керамику с меньшим размером зерна.

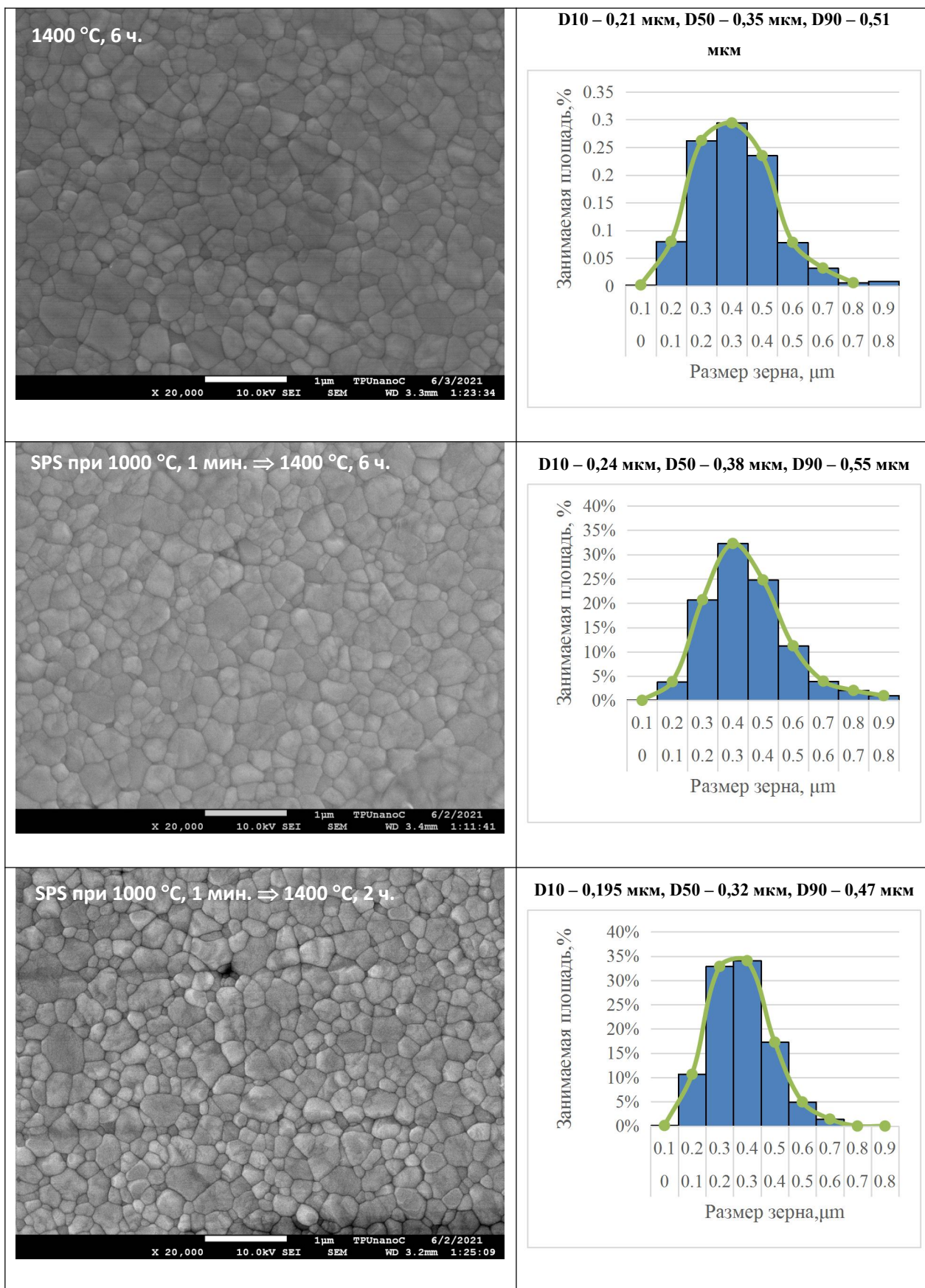


Рисунок 3.4. – СЭМ-изображения поверхности исследуемых образцов и распределение размеров зерен

В таблице 3.4. представлены результаты РФА исходных образцов. Также, как и в исходном порошковом материале наблюдается наличие двух тетрагональных фаз. Однако, моноклинная фаза отсутствует. Обнаружено, что по мере увеличения длительности спекания увеличивается степень тетрагональности фазы t1 с 1.0153 до 1.0159, для 2 и 6 ч., соответственно.

Таблица 3.4. Результаты РФА исходных образцов

Метод формования		Одноосное прессование	ЭИПС 1100 °С		
Свободное спекание	T <sub>2</sub> , °С	1400			
	Выдержка, ч	6	6	2	
Фаза	ZrO <sub>2</sub> -t1	масс. %	77%	65%	74%
		c/a	1.0158	1.0159	1.0153
	ZrO <sub>2</sub> -t2	масс. %	23%	35%	26%
		c/a	1.004	1.008	1.008
	Rwp		10.59	12.37	10.52

Таким образом, рост зерен вместе с уплотнением образцов после предварительного ЭИПС протекает быстрее, что позволяет уменьшить выдержку для достижения заданной плотности. Обнаружено, что по мере увеличения длительности спекания увеличивается степень тетрагональности фазы t1 с 1.0153 до 1.0159, для 2 и 6 ч., соответственно.

### 3.3 Анализ гидротермальной стойкости образцов

Испытание керамики на стойкость к НТД проводили с использованием автоклава в парах воды при условиях, соответствующих требованиям стандарта: температура 134 °С и давление 0.2 МПа. Испытания проводили в течении 10 ч. В таблице 10 представлены результаты. Анализ полученных

результатов показал, что преимущественно образование моноклинной фазы происходит за счет трансформации t1-фазы.

Проведённые испытания на стойкость к НТД в парах воды при температуре 134°C и давлении 0.2 МПа длительностью 10 ч. показали, что содержание моноклинной фазы в образцах, спечённых в течении 6 ч., находится в пределах 12 % (таблица 10). Предварительное ЭИПС не ухудшило гидротермальных свойств Y-TZP в используемых условиях испытаний. Однако, использование ЭИПС позволило снизить выдержку до 2 ч. для достижения плотности Y-TZP 99 %. В результате чего, удалось снизить образование моноклинной фазы до 5 %.

Таблица 3.5 Содержание моноклинной фазы после 10 ч. ускоренного старения в водяном паре при температуре 134°C и давлении 0.2 МПа

Р, МПа	T <sub>1</sub> , °C	t, ч	m-фаза, %	ρ, %
75	-	6	12%	98.4%
75(SPS)	1000°C	6	12%	99.9%
75(SPS)	1000°C	2	5%	99 %

Таким образом, использование предварительно ЭИПС позволяет получить Y-TZP керамику с повышенной гидротермальной стойкостью.

## Выводы по разделу

Исходный порошок имеют многофазный состав. Многофазность может быть вызвана неравномерным распределением  $Y_2O_3$ , выявленным при ЭДС.

Использование ЭИПС позволяет в 7 раз сократить выдержку для достижения 99 % плотности при свободном спекании на воздухе при 1400 °С.

Рост зерен вместе с уплотнением образцов после предварительного ЭИПС протекает быстрее. Обнаружено, что по мере увеличения длительности спекания увеличивается степень тетрагональности фазы  $t1$  с 1.0153 до 1.0159, для 2 и 6 ч., соответственно.

Использование ЭИПС позволило снизить выдержку до 2 ч. для достижения плотности  $Y-TZP$  99 %. В результате чего, удалось снизить образование моноклинной фазы до с 12 до 5 %.

## **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **Введение**

Научные исследования потребуют значительных человеческих и материальных ресурсов, и ученым необходимо будет найти профессиональных инвесторов для работы. Инвесторы должны учитывать стоимость исследования, прежде чем вкладывать деньги? Каков бюджет исследования? Будет ли спрос на продукт в ближайшие несколько лет? Прогнозировать коммерческие перспективы исследования, чтобы обеспечить свои собственные интересы. Поэтому ученые должны хорошо понимать суть своего исследования, проанализировать затраты на него и убедиться, что инвестор готов финансировать исследование.

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 – Влияние предварительного ЭИПС керамики Y-TZP на уплотнение, структуру и свойства при последующей термической консолидации.

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

#### **4.1.1 Анализ конкурентных технических решений**

Для анализа конкурентных технических решений, следует выбрать несколько разработок похожих на исследуемую и провести детальное сравнение. Для упрощения сравнения используем таблицу 4.1, где  $B_{\phi}$  – технология, разработанная в результате выполнения научно-исследовательской работы,  $B_{к1}$  – конкурентная технология отработки технологии аддитивного производства методом подбора технологических параметров [1].

Таблица 4.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		$B_{\phi}$	$B_{к1}$	$K_{\phi}$	$K_{к1}$
1	2	3	4	6	7
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
1. Устойчивость к истиранию	0,12	4	3	0,48	0,36
2. Надежность технологии	0,12	5	4	0,6	0,48
3. Безопасность	0,1	4	5	0,4	0,5
4. Простота изготовления	0,05	4	4	0,2	0,2
5. Выдерживание высоких температур	0,12	4	3	0,48	0,36
6. Биосовместимость	0,1	5	4	0,5	0,4
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
1. Конкурентоспособность	0,1	5	3	0,5	0,3
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	3	3	0,21	0,21
3. Цена сырья	0,08	4	4	0,32	0,32
4. Предполагаемый срок эксплуатации технологии	0,14	5	4	0,7	0,56
<b>Итого</b>	1	43	37	4,39	3,69

Для анализа конкурирующих технических вариантов можно определить по следующей формуле:

$$K = \sum B_i B_i = 4,39$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Результаты этого анализа действительно могут представлять интерес для партнеров и инвесторов, и это может стать конкурентным преимуществом, которое поможет продукту завоевать доверие покупателей, предлагая либо высококачественный продукт со стандартным набором определенных характеристик, либо нестандартный набор характеристик, представляющих интерес для покупателей.

#### 4.1.2 SWOT-анализ метода темплатного синтеза

SWOT-анализ - это метод стратегического планирования, используемый для оценки внутренних и внешних факторов, влияющих на развитие проекта. SWOT-анализ необходим для того, чтобы оценить сильные и слабые стороны проекта, определить перспективы развития и угрозы извне, организовать их в соответствии с матрицей, а затем применить идею системного анализа для сравнения и сопоставления различных факторов и сделать из них соответствующие выводы, которые обычно носят характер принятия решений.

Таблица 4. 2 – Матрица SWOT

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
<b>научно-исследовательского проекта</b>	<b>научно-исследовательского</b>



<p>C1. Низкая стоимость исходного сырья</p> <p>C2. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции</p> <p>C3. Экологичность технологии</p> <p>C4. Квалифицированный персонал</p> <p>C5. Экономичность и энергоэффективность</p>	<p><b>проекта</b></p> <p>Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.</p> <p>Сл2. Невысокие объемы производства</p> <p>Сл3. Вероятность получения брака</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>V1. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции позволит расширить спрос</p> <p>V2. Дополнительное финансирование за счет положительных результатов</p> <p>V3. Выход на зарубежные рынки, экспорт за границу</p>	<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.</p> <p>У2. Разработка новых технологий конкурентами и снижение цен</p> <p>У3. Развитая конкуренция технологий производства.</p>

Описание сильных и слабых сторон, возможностей и угроз исследовательского проекта основывается на результатах анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.

На втором этапе проведения SWOT-анализа составлены интерактивные матрицы проекта, в которых осуществлено выполнение анализа соответствия параметров SWOT каждого с каждым. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3-4.6.

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

<b>Сильные стороны проекта</b>						
<b>Возможности проекта</b>		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	+	-	+
	B2	+	+	+	-	+
	B3	+	+	+	+	+

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

<b>Слабые стороны проекта</b>				
<b>Возможности проекта</b>		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	+	-
	B2	+	+	+
	B3	-	+	+

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

<b>Сильные стороны проекта</b>						
<b>Угрозы проекта</b>		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	+	+	+
	У2	+	+	-	+	+
	У3	+	+	+	-	+

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

<b>Слабые стороны проекта</b>				
<b>Угрозы проекта</b>		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	-	-	+
	У2	-	+	-
	У3	+	-	-

Таблица 4.7 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Низкая стоимость исходного сырья</p> <p>С2. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции</p> <p>С3. Экологичность технологии</p> <p>С4. Квалифицированный персонал</p> <p>С5. Экономичность и энергоэффективность</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.</p> <p>Сл2. Невысокие объемы производства</p> <p>Сл3. Вероятность получения брака</p>
--	--	--

<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции позволит расширить спрос</p> <p>В2. Дополнительное финансирование за счет положительных результатов</p> <p>В3. Выход на зарубежные рынки, экспорт за границу</p>	<p><b>Направления развития:</b></p> <p>1. Высокий уровень физико- и термомеханических свойств продукции позволит расширить спрос</p> <p>2. Низкая цена исходного сырья и высокий уровень физико- и термомеханических свойств являются основой для экспорта за рубеж и выхода на мировой рынок.</p> <p>3. Экологичность технологии и квалифицированный персонал являются основой для хороших результатов экспериментов.</p>	<p><b>Сдерживающие факторы:</b></p> <p>1. Значительный спрос и дополнительное финансирование, чтобы помочь увеличить производство и уровень исследований связанных экспериментов.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.</p> <p>У2. Разработка новых технологий конкурентами и снижение цен</p> <p>У3. Развитая конкуренция технологий производства.</p>	<p><b>Угрозы развития:</b></p> <p>1. Более ускоренные темпы разработки и производства и поиск технологического решения для ускорения технологического процесса</p> <p>2. Низкая стоимость сырья и простые методы производства позволяют превзойти другие конкурирующие материалы по стоимости производства.</p>	<p><b>Уязвимости:</b></p> <p>1. Разработка новых технологий для увеличения объема производства</p> <p>2. Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения брака</p>

Результаты проведенного SWOT-анализа учтены в процессе дальнейшей разработки структуры работ, которые необходимо выполнить в научно-исследовательском проекте.

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

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

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

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

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения работ	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	Инженер,

		результатов	Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Оценка трудоемкости выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ сопряжена не только с отсутствием утвержденных нормативов, но и существенными трудностями в разработке концептуальных подходов к их обоснованию [2].

Если НИР проводится впервые и вследствие этого отсутствуют нормативы, то трудоемкость отдельных этапов может быть рассчитана опытно-статистическим методом. Указанный метод может быть реализован двумя способами:

1. Путем анализа, когда необходимые трудовые запасы определяются по работам, проведенным данным коллективом ранее.
2. Вероятным методом.

При первом способе опытно-статистического метода используют отчетные данные фактической трудоемкости работ, осуществляемых ранее. В отсутствии аналогичных работ определяют вероятным методом непосредственно их продолжительность на основе системы оценок.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$ , используется следующая формула [3]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki\text{ инж}} = T_{pi} \times k_{кал}$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

Временные показатели проведения данного научного исследования представлены в таблице 4.9.

Условные обозначения: научный руководитель (р), инженер-дипломник (и).

Таблица 4.9 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни		$t_{\text{max}}$ , чел-дни		$t_{\text{ожид}}$ , 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 работ	2	3	2	4	2	3,4	2,7	4
3. Обзор научной литературы	-	5	-	9	-	6,6	6,6	10
4. Выбор методов исследования	-	4	-	5	-	4,4	4,4	7

5. Планирование эксперимента	3	7	5	8	3,8	7,4	5,6	8
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	4	-	7	-	5,2	5,2	8
7. Проведение эксперимента	-	12	-	19	-	14,8	14,8	22
8. Обработка полученных данных	-	10	-	12	-	10,8	10,8	16
9. Оценка правильности полученных результатов	3	3	4	4	3,4	3,4	3,4	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
<b>Итого:</b>	<b>10</b>	<b>56</b>	<b>15</b>	<b>78</b>	<b>12</b>	<b>64,8</b>	<b>65,1</b>	<b>97</b>

*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 - Календарный план-график проведения НИР по теме

№	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	10		■												
4	Выбор методов исследования	Исп2	7			■											



№	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
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	8			 									
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	8												
7	Проведение эксперимента	Исп2	22												
8	Обработка полученных данных	Исп2	16												
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5										 		
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13												

Примечание:

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

### 4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НИР должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НИР используется следующая группировка затрат по статьям [4]:

1. материальные затраты НИР;
2. затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
3. основная заработная плата исполнителей темы;
4. дополнительная заработная плата исполнителей темы;
5. отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
6. затраты научные и производственные командировки;
7. контрагентные расходы;

8. накладные расходы.

Так как данная НИР проводилась без специального оборудования и использования конкретных материалов, а выполнялась по средствам интеллектуальной собственности, то при расчете бюджета НИР будет использоваться следующая группировка затрат по статьям:

1. основная заработная плата исполнителей темы;
2. дополнительная заработная плата исполнителей темы;
3. отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
4. накладные расходы.

Т.е. не учитываются статьи на материальные затраты, затраты на специальное оборудование, затраты научные и производственные командировки, контрагентные расходы.

#### **4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования**

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_i \cdot N_{\text{рас } xi}$$

Где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{рас } xi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м,  $m^2$  и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./ $m^2$  и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25 % от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 4.11.

Таблица 4.11 – Материальные затраты на исследование

Наименование	Единица измерения	Колво/1 изд	Цена, руб./кг	Итого затраты, руб.
Коммерческий порошок марки TZ-3YSB-E (Tosoh).	кг	0,1	6075	608
Спирт	л	0,1	700	70
Наждачная бумага	лист	10	50	500
Смола эпопласт	л	0,2	2400	480
<b>итого</b>				1658

#### 4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов. Расчёт затрат по данной статье представлен ниже в таблице 4.12.

Таблица 4.12 - Затраты на оборудование

Материалы и оборудование	Колво, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.	$H_A$ , %
Ноутбук	1	3	50	50	33
SPS 515S (SPS Syntex)	1	15	1300	1300	7
РФА- установка ДРОН-3М	1	20	18000	18000	5
Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ) JEM-2100F	1	20	18000	18000	5

Шлифованный станок (Eco Met 300 Pro Buehler)	1	10	129	129	10
<b>Итого</b>	20884,05 руб.				

Рассчитаем амортизацию оборудования техники Иам.обор за один день, по следующей формуле:

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

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

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

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

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

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

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

Ноутбук:

$$A = \frac{0,33}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 50000}{12} \cdot 0,33 = 453,75 \text{ руб.}$$

SPS 515S (SPS Syntex):

$$A = \frac{0,07}{12} \cdot m = \frac{0,07 \cdot 1300000}{12} \cdot 0,1 = 758,3 \text{ руб.}$$

РФА- установка ДРОН-3М:

$$A = \frac{0,05}{12} \cdot m = \frac{0,05 \cdot 18000000}{12} \cdot 0,1 = 7500 \text{ руб.}$$

Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ) JEM-2100F:

$$Z = \frac{Z_{\text{м}}}{12} \cdot m = \frac{0,05 \cdot 18000000}{12} \cdot 0,16 = 12000 \text{ р.}$$

Шлифованный станок (Eco Met 300 Pro Buehler):

$$Z = \frac{Z_{\text{м}}}{12} \cdot m = \frac{0,1 \cdot 129000}{12} \cdot 0,16 = 172 \text{ р.}$$

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A = 453,75 + 758,3 + 7500 + 12000 + 172 = 20884,05 \text{ р.}$$

### 4.3.3 Основная и дополнительная 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  $Z_{\text{осн}}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

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

где  $Z_{\text{он}}$  – 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):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}}}{F_{\text{д}}} = \frac{51328 \cdot 10,3}{246} = 2149,1 \text{ р.} \quad (4.8)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $F_{\text{д}}$  – 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):

$$Z_{\text{н}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{н}}} = \frac{35150 \cdot 11,2}{213} = 1848,3 \text{ руб.} \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

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

– для инженера:

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

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

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		

Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{тс}, руб$	$k_{тп}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}, руб$	$Z_{дн}, руб$	$T_{р}, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2149,1	12	25789,2
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1848,3	64,8	119769,8
Итого:								145559

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп1} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 25789,2 = 3868,4 \text{ руб} \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$Z_{доп2} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 119769,8 = 17965,5 \text{ руб} \quad (4.13)$$

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

#### 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп})$$

– для руководителя:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (25789,2 + 3868,4) = 8897,3 \text{ руб} \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (119769,8 + 17965,5) = 41320,6 \text{ руб} \quad (4.15)$$

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).

#### 4.3.5 Накладные расходы

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

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма}/5) \cdot k_{\text{нр}} = (20884,05 + 1658 + 145559 + 8897,3 + 41320,6 + 3868,4 + 17965,5) \cdot 0,2 = 240152,85 \cdot 0,2 = 48030,6 \text{ руб}$$

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 НИ «Исследование влияния предварительного ЭИПС керамики Y-TZP на уплотнение, структуру и свойства при последующей термической консолидации.» по форме, приведенной в таблице 4.15.

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
20884,05	1658	145559	21833,7	32194,9	222129,7

#### 4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательскую работу по каждому варианту исполнения приведено в таблице 4.16.

Таблица 4.16. – Расчет бюджета затрат НИИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИИ	1658	2062	1555	Пункт 4.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	20884,05	22995	28125	Пункт 4.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	145559	145559	145559	Пункт 4.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21833,7	21833,7	21833,7	Пункт 4.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	32194,9	32194,9	32194,9	Пункт 4.3.4
6	Накладные расходы	48030,6	48030,6	48030,6	Пункт 4.3.5
Бюджет затрат НИИ		270160	272675	277298	Сумма ст. 1- 6

Таким образом, в данном разделе работы проведено экономическое обоснование проведенных исследований:

- составлена структура работы и на ее основе проведены расчеты трудоемкости НИР и ее бюджет;
- рассчитан бюджет затрат НИР, который составил 270160 рублей;

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

Определение эффективности основано на расчете общего показателя эффективности научных исследований. Он находится путем определения двух средневзвешенных показателей: финансовой эффективности и эффективности использования ресурсов.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения [1].

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

(4.17)

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

$\Phi_{pi}$  – технология, разработанная в результате выполнения научно-исследовательской работы;

$\Phi_{\text{max}}$  – конкурентная разработка отработки технологии аддитивного производства методом подбора технологических параметров. Стоимость разработки такой технологии повышается из-за необходимости проведения экспериментальных исследований,

включающих отработку технологических параметров на промышленном оборудовании аддитивного производства.

$\Phi_{\text{тек.проект}} = 270160$  руб,  $\Phi_{\text{исп.2}} = 272675$  руб,  $\Phi_{\text{исп.3}} = 277298$  руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.проект}} = \frac{\Phi_{\text{тек.проект}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{270160}{277298} = 0,97$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{272675}{277298} = 0,98$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{276898}{277298} = 1$$

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

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

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

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

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 4.17).

Таблица 4.17 Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования	Весовой	Данный	Исполнитель 2	Исполнитель
---------------------	---------	--------	---------------	-------------

Критерии	коэффициент параметра	проект		ь 3
1. Безопасность при использовании установки	0,3	5	4	5
2. Стабильность работы	0,1	4	4	3
3. Экономичность	0,2	5	4	2
4. Энергосбережение	0,1	3	4	2
5. Надежность	0,2	5	3	4
6. Материалоемкость	0,1	5	4	3
ИТОГО:	1	4,7	3,8	3,5

$$I_{p\text{-проект}} = 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 = 4,7;$$

$$I_{p\text{-исп.2}} = 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = 3,8;$$

$$I_{p\text{-исп.3}} = 5 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 = 3,5.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p\text{-исп}i}}{I_{финр}}$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,7}{0,97} = 4,8; \quad I_{исп.2} = \frac{3,8}{0,98} = 3,9; \quad I_{исп.3} = \frac{3,5}{1} = 3,5;$$

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	0,97	0,98	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,8	3,5
3	Интегральный показатель	4,8	3,9	3,5

	эффективности			
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	$\text{Var.1/Var.2} = 1,2$ $\text{Var.1/Var.3} = 1,3$	$\text{Var.2/Var.1} = 0,83$ $\text{Var.2/Var.3} = 1,09$	$\text{Var.3/Var.1} = 0,76$ $\text{Var.3/Var.2} = 0,92$

Вариант 1:  $0,97 + 4,7 + 4,8 = 10,47$

Вариант 2:  $0,98 + 3,8 + 3,9 = 8,68$

Вариант 3:  $1 + 3,5 + 3,5 = 8$

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

#### 4.5 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 календарных дней для выполнения работ составляет 97 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 93 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 21 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 270160 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,97 что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,7, по сравнению с 3,8 и 3,5;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,8, по сравнению с 3,9 и 3,5, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## **ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **Введение**

Научно-исследовательская работа была выполнена в Научно-образовательном инновационном центре «Наноматериалы и нанотехнологии», кафедра НМНТ, ТПУ. Рабочее место, где была выполнена основная работа, находится в 021 аудитории 10 корпуса ТПУ.

Цель работы является влияния предварительного ЭИПС керамики Y-TZP на уплотнение, структуру и свойства при последующей термической консолидации. В ходе эксперимента длительно проведена работа в помещении, чтобы обеспечить здоровье человека, необходимо анализировать лабораторную среду, учитывать вредные факторы и предлагать соответствующие решения.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя)**

На предприятии следует руководствоваться Трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 но.197-ФЗ [63].

Каждый работник лаборатории должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты и моющими средствами.

Для поддержания здоровья и предотвращения заболеваний работники, подвергающиеся воздействию химических веществ, должны повышаться два раза в год.

Перед началом работы каждый сотрудник должен получить вводную и вводную лекцию о мерах безопасности, а затем подписать вступительное введение в дневнике. Чтобы исключить возможность несчастных случаев, все студенты и студенты высших и средних профессиональных учебных заведений должны провести серьезные исследования по вопросам безопасности и другим видам деятельности в соответствии с утвержденными курсами и планами.

### **5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя**

В этом параграфе приведены эргономические требования для обеспечения правильного расположения и расположения рабочей зоны исследователя и рабочей зоны, разработанных в производственной среде для создания комфортной рабочей среды.

Основным объектом в производственной среде является рабочее место, которое обычно является местом, где люди могут жить во время работы.

Рабочее место расположено на первом этаже лаборатории. Комната длиной 8 м, шириной 5 м, высотой 3.2 м, общей площадью 40 м<sup>2</sup>, общим объемом 128 м<sup>3</sup>, Поэтому там, где рабочее место инженера организовано, должны соблюдаться требования ГОСТ 12.2.032-78 [64] и ГОСТ 12.2.033-78 [65].

Персонал может работать только в рабочей одежде и средствах индивидуальной защиты. На рабочем месте должен быть запас сырья, не превышающий сменный спрос. Вы должны знать конкретные характеристики используемых веществ и соблюдать установленные правила, связанные с ними. Производственный процесс должен быть организован таким образом, чтобы предотвратить попадание пыли и вредных веществ в воздух в рабочей зоне. Все работающее электрооборудование должно соответствовать требованиям «Правил технической эксплуатации электрооборудования потребителя» и других нормативных документов. Не используйте электрооборудование без заземления. Согласно действующим стандартам помещения опытнопроизводственной лаборатории оснащены основным оборудованием пожаротушения. Все сотрудники должны иметь возможность использовать противопожарное оборудование и оказывать первую медицинскую помощь в случае аварии. Запрещено портить рабочие места, тротуары, выходы из помещений и зданий, а также противопожарное оборудование.



## 5.2 Производственная безопасность

Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 [66]. Перечень выявленных возможных опасных и вредных факторов представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 2.2.4.548-96 [35] ГОСТ 12.1.005-88 [40]
2. Превышение уровня шума	ГОСТ 12.1.003-2014 [36] ГОСТ 12.1.029-80 [37] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [38]
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [39] СП 52.13330.2016 [41]
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	ГОСТ 12.1.019-2017 [42] ГОСТ 12.1.038-82 [43]
5. Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания	ГОСТ 12.1.005-88 [40] ГН 2.2.5.3532-18 [44] СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4 [35]

### 5.2.1. Анализ вредных производственных факторов

Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны. Микроклимат характеризуется тремя основными параметрами, а именно, температурой воздуха, влажностью и скоростью движения воздушных масс. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений установлены в санитарных правилах и нормах СанПиН 2.2.4.548-96 [67].

Некоторые производственные процессы не позволяют поддерживать оптимальные показатели микроклимата, что может существенно снизить производительность рабочего персонала, повысить утомляемость и заболеваемость.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [67] работа при проведении исследований относится к категории Па, так как иногда приходится переносить предметы массой свыше 10 кг. Из этого следует, что в холодный период года оптимальные значения показателей микроклимата должны соответствовать следующим значениям: температура воздуха 19-21°C, относительная влажность воздуха 60-40% и скорость движения воздуха 0,2 м/с. Для теплого периода года данные показатели составляют: температура воздуха 20-22 °С, относительная влажность воздуха 60-40% и скорость движения воздуха 0,2 м/с.

Оптимальные показатели микроклимата в лаборатории обеспечиваются за счет системы отопления, кондиционера и вентиляции.

Основным фактором, приводящим к отклонению показателей микроклимата от нормы, является оборудование с высоким тепловыделением (блоки питания микроскопов, установка для электроимпульсного спекания).

Превышение допустимой температуры воздуха рабочей зоны может быть вызвана неисправностью кондиционеров или долгой работой установки для электроимпульсного спекания на высокой мощности, особенно высокая вероятность отклонения показателей микроклимата присутствует в жаркие дни.

Недостаточная освещенность. Лаборатория расположена на цокольном этаже, поэтому необходимая освещенность достигается за счет искусственного освещения люминесцентными лампами.

Плохие условия освещенности (низкая освещенность, недостаточная равномерность, помехи, отвлекающие внимание, дискомфортная блескость) приводят к снижению зрительной работоспособности, усталости центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых

усилий для опознания недостаточно четких или сомнительных сигналов, мышечной усталостью из-за неудобного положения, принимаемого в попытке разглядеть тот или иной объект. Локальные мышечные напряжения (в частности, шейных мышц) могут возникать также во время работы, при которой необходимо пользоваться микроскопом.

По нормам освещения и отраслевым нормам освещения в помещении при работе с ПК рекомендуется освещенность 300-500 лк, коэффициент пульсации 15-20%.

При недостаточной освещенности рабочего места необходимо увеличить число осветительных приборов либо использовать более яркие лампы.

Отсутствие или недостаток естественного освещения. Недостаток естественного света вызван расположением лаборатории на цокольном этаже. Отсутствие или недостаток естественного света приводит к дефициту ультрафиолетового облучения, следствием чего является нарушение обмена веществ и снижение резистентности организма [68].

При комбинированном освещении для офисных помещений в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [68] установлено значение КЕО равное 0,6.

Для уменьшения негативного воздействия на организм недостатка естественного света необходимо периодически (во время перерывов) покидать рабочее место и выходить в части здания, куда проникает естественный свет, или на улицу.

Химически вредные вещества в воздухе рабочей зоны. Химически опасным производственным фактором является порошок АМгб и порошок меди. Металлический порошок АМгб и порошок меди в биосредах, в опыте не дают острого токсического эффекта, их аэрозоли при длительном воздействии оказывают слабо выраженное фиброгенное действие. Кроме токсического действия микродисперсные порошки способны оказывать раздражающий эффект на органы дыхания.

Порошок АМгб относится к веществам 3-го класса опасности ГОСТ ГОСТ 12.1.005-88 [69]. Его предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны производственных помещений (ПДК) 2 мг/м<sup>3</sup>. Порошок меди относится к 2-му классу опасности, его ПДК равен 1/0,5 мг/м<sup>3</sup> [69].

Для обеспечения безопасности персонала на производствах по получению ультрадисперсных порошков и пудр, а также в местах исследования таких порошков, для создания чистого помещения осуществляются технический контроль, очистка воздуха и воды, а персонал пользуется средствами индивидуальной защиты (респираторы, халаты, перчатки) согласно ГОСТ 12.4.132-83 [42], ГОСТ 12.4.299-2015 [70].

Для изготовления эластичных оболочек в работе использовали полиуретан, получаемый смешиванием двух жидких компонентов (основы и отвердителя), которые затвердевают после полимеризации. Испарения компонентов не несут серьезной опасности для человека, однако при попадании на кожу способны вызвать раздражение, поэтому при работе с ними следует пользоваться перчатками и халатом для защиты открытых участков кожи согласно [70].

### **5.2.2. Анализ опасных производственных факторов**

Механические опасности. Основным источником механической опасности в рабочей зоне является гидравлический пресс IP 500M авто. Пресс, способный создавать высокую нагрузку, является опасным фактором производства. Подвижные части пресса и осколки сломавшейся под давлением прессовой оснастки способны нанести серьезный урон здоровью человека: царапины, ушибы, переломы костей.

Согласно ГОСТ ISO 12100-2013 [71] машины и механизмы имеющие подвижные части, способные нанести вред здоровью человека, должны быть оснащены защитными или предохранительными устройствами. В нашем случае пресс оснащен подвижным защитным кожухом, но данная защитная

мера ограничивает видимость процесса прессования. В случае, когда наблюдение за процессом прессования необходимо, должны использоваться индивидуальные средства защиты лица и глаз, соответствующие требованиям ГОСТ 12.4.253-2013 [72].

Безопасные расстояния для предохранения верхних конечностей от попадания в опасную зону указаны в ГОСТ ISO 12100-2013 [71]. Для используемого в работе пресса, в данном нормативном акте установлено расстояние равное 1,4 м при высоте защитного ограждения 1 м.

Кроме того, для предотвращения вышеперечисленных опасностей, связанных с использованием пресса, необходимо соблюдать правила безопасности при работе с пресс-формами:

- до установки пресс-формы в пресс, необходимо убедиться, что плоскости верхней и нижней плит пресса параллельны друг другу;
- устанавливая пресс-форму в пресс так, чтобы плоскость пуансона и плиты пресса были параллельны друг другу;
- величина давления не должна превышать предел прочности используемой пресс-формы;
- не рекомендуется использовать слишком высокую скорость нагрузки или резко снижать давление на пресс форму;
- не следует помещать конечности, волосы, части одежды между подвижными элементами пресс-формы или пресс-формой и плитой пресса;
- пресс-форма довольно тяжелая и имеет острые грани, поэтому все операции с ней нужно проводить аккуратно

Термические опасности. Основным источником термической опасности при выполнении работы была муфельная печь ЛНТ 08/18/P310. Данная печь способна нагреваться до температуры 3000°C. Спекание керамики проводилось при температуре до 1500 °С, при соприкосновении с поверхностью, нагретой до такой температуры, можно получить термические ожоги, степень которых будет зависеть от времени взаимодействия с горячей поверхностью и площади контакта.

Для предотвращения ожогов к печи не притрагиваются с момента начала спекания до остывания образцов и футеровки печи до комнатной температуры. В случае если все же образец нужно достать из печи до его остывания до комнатной температуры, пользуются специальными щипцами и термостойкими рукавицами.

Электробезопасность. В ходе выполнения работы были использованы следующие электроприборы: гидравлический пресс, высокотемпературная муфельная печь, электронный микрометр, электронные весы, персональный компьютер, сканирующий электронный микроскоп, рентгенофазовый анализатор. Все это приборы при неправильной эксплуатации или обслуживании несут опасность поражения электрическим током.

Наиболее вероятной причиной электротравм является прикосновение или приближение на недопустимое расстояние к токоведущим частям, находящимся под напряжением.

Действие электрического тока на организм человека имеет разносторонний характер. Ток, проходящий через тело человека способен оказывать электролитическое, термическое и биологическое действие. Электролитическое действие тока проявляется в разложении крови и других жидкостей в организме, вызывая тем самым значительные нарушения их физико-химических составов. Термическое действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве и повреждении кровеносных сосудов, нервов, мозга и других органов, что вызывает их серьезные функциональные расстройства. Биологическое действие тока выражается главным образом в нарушении биоэлектрических процессов, свойственных живой материи, с которыми связана ее жизнеспособность [72].

Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 [73] на производстве для обеспечения электробезопасности должны быть приняты следующие защитные меры:

- защитные оболочки;
- защитные барьеры;
- безопасное расположение токоведущих частей;

- изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную);
- изоляцию рабочего места;
- малое напряжение
- защитное отключение.

Для защиты от поражения электрическим током при прикосновении к токоведущим частям согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 [73] электроприборы должны быть заземлены или занулены.

При работе с электроприборами должны соблюдаться «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», установленные ГОСТ 12.2.007.0-75 [74]. Все лица, приступающие к работе с электрооборудованием, должны проходить инструктаж на рабочем месте, к самостоятельной работе допускаются лица, прошедшие проверку на знание техники безопасности.

Пожаровзрывобезопасность. Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу П-2, так как в нем присутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии.

Согласно приложению №3 к приказу ректора ТПУ №52/од от 21.06.2013 [75] в целях обеспечения пожарной безопасности в лаборатории запрещено:

- курить;
- пользоваться неисправными электронагревательными приборами;
- использовать временную электропроводку, удлинители, переноски для питания приборов;
- перегружать электрическую сеть;
- скручивать, завязывать электрические провода;
- хранить пожароопасные материалы ЛЖВ;
- оставлять выключенным свет, компьютеры и другие электроприборы.

Особое внимание необходимо уделять технике безопасности при работе с печью. Перед спеканием образца из того или иного материала необходимо узнать его химический состав, температуру плавления или температуру возгорания, чтобы избежать расплавления или воспламенения образца. Это может привести к поломке печи и возникновению пожара.

Кроме того, перед спеканием необходимо изучить фазовые диаграммы контактирующих в процессе спекания веществ (подложки и образца, образцов из различных материалов), чтобы выявить наличие или отсутствие низкотемпературных эвтектик, которые говорят о возможности взаимодействия различных веществ при температуре ниже, чем температура плавления каждого из веществ в отдельности. Пренебрежение анализом диаграмм состояния веществ, находящихся в зоне спекания, может привести к уничтожению не только образца и кюветы, но и повреждению футеровки печи, что может привести к короткому замыканию и пожару.

При извлечении из печи еще не остывшего образца не стоит помещать его на легковоспламеняющийся материал или оставлять в непосредственной близости от легковоспламеняющихся реактивов.

Кроме того, каждый работник должен знать порядок эвакуации и расположение первичных средств пожаротушения.

### **5.3. Экологическая безопасность**

В этом разделе рассматривается характер воздействия предлагаемого решения на окружающую среду. Вы всегда должны учитывать проектируемое решение и то, как вещества и материалы, используемые для его создания, влияют на атмосферу, гидросферу и литосферу, и предлагать решения для обеспечения экологической безопасности.

Поскольку для изготовления керамики из диоксида циркония требуется прессование, шлифование, полировка, спекание и ряд механических операций, серьезной проблемой является энергопотребление оборудования. Это неизбежно приведет к общему увеличению энергопотребления. Чтобы



удовлетворить спрос на электроэнергию, необходимо увеличить мощность и количество электростанций. Это приводит к нарушениям условий окружающей среды, поскольку электростанции используют различные виды топлива, водные ресурсы, а также являются источником вредных веществ в атмосферу.

Эта проблема является глобальной. Сегодня многие страны ввели альтернативные источники энергии (солнечные батареи, энергия ветра). Другим способом решения этой проблемы является использование энергосберегающих систем. Установите аппарат в автоматический режим ожидания, когда он не используется, для экономии энергии.

Для эксперимента по исследованию керамики из диоксида циркония при приготовлении порошка диоксида циркония, легированного иттрием, будут образовываться вредные газы, которые должны быть собраны и переданы специалистам для надлежащей утилизации.

На этапе исследования образуются твердые отходы: образцы, бумага для взвешивания, использованные перчатки и салфетки. Порошковые материалы, попадающие в почву, могут вызвать изменения в их составе, что может оказать негативное влияние на местные организмы. Утилизация опасных твердых отходов должна осуществляться в соответствии с действующим законодательством.

Утилизация электрических приборов осуществляется сотрудниками университета, и указываются следующие этапы:

Правильное завершение поведения списания указывает на то, что невозможно выполнить дальнейшие операции, перечисленные в поведении измерительного оборудования, и для этого существует акт технического осмотра;

Поскольку предприятие может быть утилизировано только после окончательного аннулирования, измерительное оборудование, указанное в счете, списывается с баланса предприятия, а инструкции приводятся в бухгалтерском отчете.

Откажитесь от измерительного оборудования напрямую, полностью разберите оборудование на части, а затем классифицируйте его по типу материала и передайте его на перерабатывающий завод.

#### **5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Здание 10 корпуса, где находится лаборатория, ТПУ расположено вдали от воды, химических предприятий, атомных электростанций в сейсмически не активном районе. Поэтому такие чрезвычайные ситуации, как затопления, цунами, землетрясения, химические и радиоактивные выбросы маловероятны. Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар. Причиной пожара может быть короткое замыкание, возгорание легко воспламеняющихся веществ, неосторожное обращение с огнем. Все помещения должны соответствовать требованиям пожарной безопасности согласно ГОСТ 12.1.004-91 [76] и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [77].

Возникновение пожаров является универсальным и может происходить практически во всех лабораториях:

1. Линия электропитания устарела или повреждена упаковка, что приводит к нагреву линии и пожару.

2. Во время экспериментальной работы, например, ультрачистая настольная спиртовая лампа является открытым пламенем. Неправильная работа, источник огня соприкасается с легковоспламеняющимися веществами, вызывая пожар.

3. Оборудование работает в течение длительного времени, слишком высокая температура вызывает пожар.

Лабораторные пожарно-спасательные мероприятия:

1. При обнаружении пожара экспериментаторы на месте, обеспечивая собственную безопасность, используют противопожарное оборудование (огнетушители и т. Д.), чтобы принять немедленные меры для предотвращения

распространения пожара,

2. Определить место пожара, определите причину пожара,

3. Определить окружающую среду пожара, определите, есть ли распределение основных опасностей и приведет ли это к вторичной катастрофе.

4. Определить основной метод оказания помощи при бедствиях и примите соответствующие меры, использовать соответствующее противопожарное оборудование для пожаротушения в соответствии с чрезвычайными процедурами. Например, сжатый газ, сжиженный газ, легковоспламеняющаяся жидкость, легковоспламеняющиеся товары и т. д.

Для предотвращения и ликвидации пожара здание оборудовано пожарной сигнализацией, пожарными кранами и шлангами, пожарными щитами, огнетушителями, во всех помещениях имеется план эвакуации, в коридорах указатели движения к эвакуационному выходу. На рисунке 1 представлен план эвакуации из лаборатории (018 аудитория) и соседних помещений.

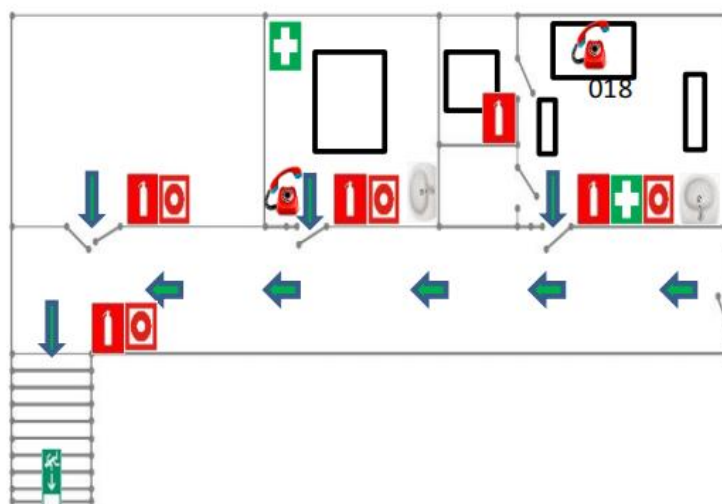


Рисунок 5.1. - План эвакуации

В лаборатории (021 аудитория) находится 2 огнетушителя ОУ-5, в соседней (018) аудитории и помещении склада так же расположено по одному огнетушителю ОУ-5.

## **5.5. Выводы по разделу**

В процессе научной деятельности необходимо учитывать негативные факторы, влияющие на людей на рабочем месте, которые могут угрожать физическому и психическому здоровью людей, загрязнять окружающую среду и даже вызывать серьезные материальные убытки. Необходимо проинформировать о возможных проблемах безопасности и профилактических мерах, а также сообщить аварийное решение.