

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 Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование прессуемости нанопорошков на основе YAG

УДК 621.762.4.04-022.532

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Цзян Нинтао		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Двилис Э.С.	д.ф.-м.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Двилис Э.С.	д.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Т.В.	конд. экон. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Сечин А. А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов	Ваулина О.Ю.	к.т.н., доцент		

Результаты обучения по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении социально-общественных и профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-4), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Использовать современное информационное пространство при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Разрабатывать, оформлять и использовать техническую документацию, включая нормативные документы по вопросам интеллектуальной собственности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-8, ПК-11), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.4, 4.8)
P4	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.2, 4.3, 4.7, 4.8)
P5	Эффективно работать в коллективе на основе принципов толерантности, использовать устную и письменную коммуникации на родном и иностранном языках в мультикультурной среде	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 3.1, 3.2, 3.3), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FЗадачи...EANI</i>
P6	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов и изделий	Требования ФГОС (ПК-3, 4, 6, 7, 11, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.4, 4.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.3, п. 2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Проводить комплексную диагностику материалов, процессов и изделий с использованием технических средств измерений, испытательного и производственного оборудования	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-10, ПК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4, 4.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4, 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ОК-7), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Успешно использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, экологически, социально и технически безопасное производство	Требования ФГОС (ОК-8, ОК-9, ПК-12, ОПК-5), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1, 4.3, 4.4, 4.6, 2.4), Критерий 5 АИОР (п. 2.12), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Использовать принципы производственного менеджмента и управления персоналом в производственной деятельности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС (ПК-19), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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 (специальность) Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 О.Ю.Ваулина
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы <small>(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)</small>
--

Студенту:

Группа	ФИО
154Б72	Цзян Нинтао

Тема работы:

Исследование прессуемости нанопорошков на основе YAG	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 57-53/с от 26.02.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08 июня 2021 года
--	-------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	В качестве изучаемых в работе материалов выступают порошки на основе YAG:Ce. В настоящее время эти материалы активно используются для производства элементов оптической и лазерной и осветительной техники.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Целью работы является исследование прессуемости порошков на основе YAG:Ce. 1. Изучение влияния ультразвукового воздействия на процесс уплотнения порошков на основе YAG:Ce. 2. Определение характеристик прессуемой порошковых материалов на основе YAG:Ce для различных методов компактирования. 3. Определение технологических характеристик изучаемых порошковых материалов: насыпная плотность и коэффициент упрессовки. 4. Высокотемпературная консолидация спрессованных компактов методом

	вакуумного спекания, изучение структуры спеченной керамики.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	График, рисунок, таблицы применяемых в работе
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент...</i>	Былкова Т.В. Доцент ОСГН ШБИП
<i>Социальная ответственность</i>	Сечин А. А. Доцент ООД ШБИП

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Двилис Э.С.	д.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Цзян Нинтао		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б72	Цзян Нинтао

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедение
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Материаловедение и технологии материалов

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений SWOT- анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Планирование работ 2. Разработка графика Гания 3. Формирование бюджета затрат
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Описание потенциального эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Татьяна Васильевна Былкова	канд. экон. наук		01.02.2021г

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Цзян Нинтао		01.02.2021г

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б72	Цзян Нинтао

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.01. Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Исследование прессуемости нанопорошков на основе YAG	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p style="text-align: center;"><i>Объект: Обзор методов консолидации и производства изделий на основе YAG</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Область применения: Искусственное освещение, лазерное оружие и т.д.</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации – ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ – ГОСТ 12.2.033-78. ССБТ
2. Производственная безопасность: <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение показателей микроклимата 2. Превышение уровня шума 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны 4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 5. Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания
3. Экологическая безопасность:	<p><i>Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы).</i></p> <p><i>Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы).</i></p> <p><i>Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).</i></p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>– Пожар, поражение электрическим током, выделение или образование едких, ядовитых, огне- или взрывоопасных веществ.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин А. А.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Цзян Нинтао		

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 Материаловедение и технологии материалов
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения
 Период выполнения Осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.03.2021	Литературный обзор	20
15.04.2021	Экспериментальная часть	20
11.06.2021	Обсуждение результатов	30
20.05.2021	Финансовый менеджмент	15
20.05.2021	Социальная ответственность	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОМ	Двилис Э.С.	д.ф.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Ваулина О.Ю.	К.т.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 71 страницы, 19 рисунков, 21 таблиц и 34 источников.

Ключевые слова: YAG-керамика, одноосное одностороннее прессование, ультразвуковое прессование, вакуумное спекание.

Объект исследования: порошки, компакты и керамика на основе YAG.

Целью выпускной квалификационной работы является: изучение прессуемости нанопорошков на основе YAG.

В процессе исследования проводились: обзор литературы по теме исследования; прессование порошков на основе YAG различными методами в различных режимах; спекание изготовленных компактов в вакууме в различных температурных режимах; изучение структуры спечённой керамики.

Методы исследования: одноосное одностороннее прессование, ультразвуковое прессование, вакуумное спекание, электронная микроскопия.

В результате исследований построены кривые уплотнения для порошков на основе YAG различных составов при прессовании различными методами, исследованы влияния давления прессования и времени выдержки при спекании на плотность керамики.

Сфера применения: искусственное освещение, медицинская промышленность, элементы лазерных и оптических систем.

Экономические преимущества: представление о поведении порошков на основе YAG в процессе прессования может повысить эффективность производства изделий из подобных материалов и улучшить качество продукции.

Содержание

Введение.....	12
ГЛАВА 1. Современное состояние в области синтеза прозрачной и люминесцентной керамики на основе YAG.....	13
1.1 Прозрачная керамика на основе YAG.....	13
1.2 Основные технологии производства изделий из YAG для применения в оптике	15
1.3 Применение порошковых технологий для производства керамики на основе YAG.....	20
1.4 Постановка цели исследования	22
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНИКА И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ..	24
2.1 Характеристики порошковых материалов	24
2.2 Лабораторное технологическое оборудование	24
2.3 Методики исследования	27
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ.....	29
3.1 Выбор метода и режимов прессования порошков на основе YAG	29
3.2 Характеристики прессуемости	31
3.3 Насыпная плотность и коэффициент упрессовки.....	32
3.4 Оптимизация режимов спекания керамики на основе YAG	33
ГЛАВА 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	37
4.1 Общая информация.....	37
4.2 Потенциальные потребители результатов исследования	38
4.3 SWOT-анализ.....	40
4.4 Планирование научно-исследовательских работ.....	43
4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	51
4.6 Выводы по разделу.....	53
ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	54
5.1 Введение.....	54
5.2 Анализ выявленных вредных факторов.....	55

5.3 Производственная безопасность.....	57
5.4 Анализ шума	58
5.5 Анализ освещенности рабочей зоны.....	58
5.6 Охрана окружающей среды	61
5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	62
5.8 Выводы по разделу.....	66
ВЫВОДЫ.....	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	68

ВВЕДЕНИЕ

Иттрий-алюминиевый гранат (YAG) нашел широкое применение в области освещения и оптической техники благодаря своим выдающимся оптическим свойствам, одним из которых является преобразование проходящего через него синего света в белый, что позволяет использовать недорогие синие светодиоды для освещения. Чаще всего YAG используется в виде покрытия, наносимого на светопропускающие элементы осветительных приборов. Однако, поскольку коэффициент теплового расширения покрытия и подложки, как правило, отличаются, велика вероятность отслоения покрытия в процессе эксплуатации. Перспективной альтернативой является керамика на основе YAG, она лишена недостатков, свойственных покрытиям. Автомобильные фары, светодиодные фонари и элементы лазеров - это лишь некоторые области применения керамики на основе YAG. Обычно керамику на основе YAG допируют элементами редкоземельных металлов: Ce, Nd и т.д., в зависимости от этого меняются ее люминесцентные свойства. Керамика на основе YAG, также имеет недостатки, такие как плохая прессуемость и значительное количество пор, что влияет на прозрачность. Решение этих проблем требует дальнейшего изучения керамики на основе YAG и совершенствования, технологии производства, включающей синтез и подготовку порошка, оптимизацию режимов компактирования и высокотемпературной консолидации. В данной работе проведено изучение прессуемости порошков на основе YAG:Ce, выбран метод прессования и определены оптимальные режимы компактирования порошка, проведено спекание изготовленных образцов, изучена микроструктура керамики.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В ОБЛАСТИ СИНТЕЗА ПРОЗРАЧНОЙ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ YAG.

1.1 Прозрачная керамика на основе YAG

В 1962 году американский ученый Soble изготовил первую в мире прозрачную керамику из Al_2O_3 . Прозрачная лазерная керамика системы YAG привлекла широкое внимание научного сообщества [1].

$Y_3Al_5O_{12}$ (YAG) имеет структуру граната и относится к кубической кристаллической сингонии: пространственная точечная группа $Ia\bar{3}d$ с высокой симметрией и пространственной изотропией. В элементарной ячейке YAG имеется 24 Y^{3+} , 40 Al^{3+} и 96 O^{2-} , из которых ионы O^{2-} образуют пространственную структуру, а остальные катионы занимают центр многогранника, из которых Y занимает 12 гранную позицию; Al занимает октаэдрическую позицию, а тетраэдрическая позиция образует тетраэдр $[AlO_4]$ и октаэдр $[AlO_6]$. Каждый октаэдр соединен с 6 тетраэдрами, а каждый тетраэдр соединен с 4 октаэдрами $[AlO_6]$. Структура граната - это $A_3C_2D_3O_{12}$. A, C и D каждый занимают разные позиции, и его кристаллическая структура может быть скорректирована путем замещения других ионов, тем самым регулируя и оптимизируя его характеристики. Следовательно, YAG имеет спектрально регулируемые характеристики [2].

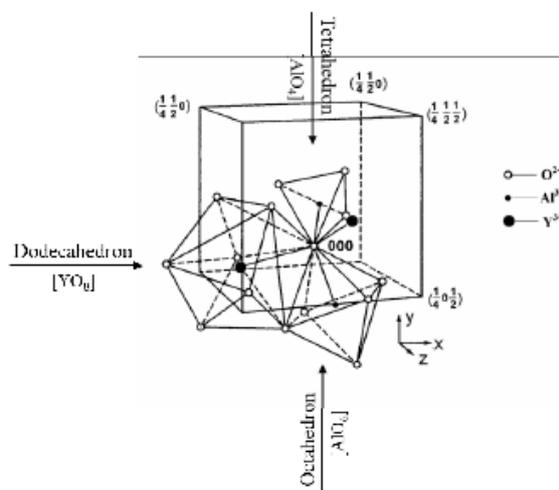


Рисунок 1.1 Модель кристаллической структуры [2]

YAG имеет две особенности: первая заключается в том, что основной пик длины волны излучаемого им света находится в диапазоне 500-580 нм, то есть в любом положении в области желтого света; вторая заключается в том, что его оптимальная длина волны возбуждения находится в разных положениях в диапазоне 430-480 нм. Поэтому, пропуская через этот материал синий цвет можно получить источник белого света с разной цветовой температурой [3].

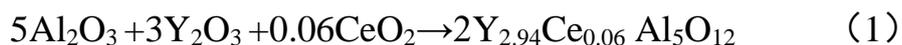
Керамика YAG может непрерывно работать при комнатной температуре, имеет стабильные физические и химические свойства и широко используется в промышленности, медицине и научных исследованиях.

1.2 Основные технологии производства изделий из YAG для применения в оптике

1.2.1 Покрyтия на основе YAG

YAG имеет множество применений, использование в качестве покрyтия является одним из них. YAG, легированный Ce, при люминесценции излучает желтый свет, который с синим светом её образует белый свет. В настоящее время проводятся исследования по синтезу и применению порошка YAG с Ce и другими добавками.

В 2017 году Цзэн П. и др. из Восточно-Китайского университета науки и технологий синтезировали порошок YAG: Ce и успешно нанесли его на подложку в виде покрyтия [4]. В эксперименте высокотемпературным твердофазным методом был синтезирован порошок YAG: Ce. Уравнение реакции:



Реагенты, соразтворитель и керамические шарики добавляли в резервуар шаровой мельницы для тщательного перемешивания порошков.

Смешанный порошок помещали в корундовый тигель и нагревали до 1300°C в восстановительной атмосфере в течение 3 часов. После этого проводили гранулирование распылением с помощью высокоскоростной центробежной распылительной сушилки.

В 2019 году Лу С. изготовил покрyтие YAG:Ce с помощью аналогичного процесса [5]. Порошок YAG:Ce, используемый в эксперименте, коммерчески доступен, диапазон размеров частиц порошка составляет 10-20 мкм, концентрация легирования Ce³⁺ составляет 0,06, а центральная длина волны спектра излучения составляет 552 нм.

Покрyтие YAG: Ce имеет очень широкое применение в производстве и быту, преимущества и недостатки использования YAG: Ce в качестве покрyтий заключаются в следующем:

Преимущество:

- Стабильные химические свойства, сильная коррозионная стойкость.

- Простой производственный процесс

Недостатки:

- Низкий коэффициент теплового расширения

Невозможно контролировать все материалы, которые будут эффективно использоваться в процессе распыления.

1.2.2 Кристаллическое лазерное волокно на основе YAG

Кристаллическое волокно YAG сочетает в себе преимущества кристалла и волокна в свойствах и структуре, которые могут эффективно уменьшать неблагоприятные эффекты, такие как нелинейные эффекты и тепловое повреждение, при достижении высокой выходной мощности.

В 2009 году Ли и др. использовали алюминиевый порошок, соляную кислоту и $Y(CH_3COO)_3 \cdot 4H_2O$ в качестве сырья для получения золя YAG [6].

Золь YAG помещали в центрифугу с небольшим отверстием 0,02 мм и скоростью вращения 3000-4000 об/мин для получения оптического волокна YAG.

В 2020 году Шен Б. использовал лазер на CO_2 в качестве источника нагрева для расплавления YAG [7]. Лазер плавит верхнюю часть кристаллического стержня YAG. После достижения температуры плавления кристалл YAG быстро превращается в расплав с низкой вязкостью. После того, как расплав становится стабильным, он медленно движется вверх, чтобы получить направленный рост кристаллического волокна.

Преимущество:

- Высокая теплопроводность и низкий коэффициент теплового расширения

- Стабильные физико-химические свойства, хорошие механические свойства, высокая концентрация легирования редкоземельными ионами

- Высокий предел выходной мощности

Недостатки:

– Аморфизация кристаллического ядра

Вышеупомянутые методы имеют свои особенности на производстве волокна YAG. Метод Ли медленный, но позволяет одновременно производить большое количество изделий [6]. Метод Шенпроста в использовании, быстр и подходит для лабораторных исследований [7]. В последние годы были достигнуты определенные результаты в исследованиях кристаллических оптических волокон, но вопрос о том, как улучшить процесс вытяжки кристаллических оптических волокон, все еще остается самой сложной задачей.

1.2.3 Прозрачная лазерная керамика

Прозрачная керамика YAG обладает характеристиками высокой теплопроводности и простой реализации многослойных многофункциональных композитных структур и является одной из наиболее широко исследуемых прозрачных керамик в последние годы.

Прозрачные керамические материалы на основе YAG с хорошими оптическими свойствами требуют высокой плотности и однородной структуры. По этой причине обычно в состав порошков добавляют спекающие агенты, чтобы контролировать пористость и способствовать нормальному росту кристаллических зерен.

Хао Я. и др. изучили влияние MgO и SiO₂ в качестве добавки для спекания на микроструктуру керамики Nd:YAG [8]. Результаты показали, что образцы, спеченные с добавлением 0,1 мас.% MgO и 0,145 мас.% SiO₂ имеют лучший коэффициент светопропускания и однородность, чем образцы с добавлением только SiO₂ или MgO. В основном это связано с тем, что SiO₂ действует как спекающая добавка, устраняя поры в прессовке, в то время как MgO делает размер зерна однородным. Фраге и др. получили керамику YAG с коэффициентом пропускания света, добавив 0,25 мас.% LiF [9].

Среди известных технологий получения прозрачной керамики наиболее распространенным методом является технология вакуумного спекания. Концентрация кислородных вакансий в решетке керамики увеличивается, а

диффузионная способность атомов увеличиваются, что полезно. Однако в условиях вакуумного спекания, чтобы получить очень высокую степень уплотнения керамики YAG, температура спекания должна составлять около 1750°C, и время выдержки несколько часов. Исследования прозрачной керамики YAG начались в 1980-х годах. Цзэн Л. и др. впервые применили твердофазный синтез для получения порошка YAG с 0,05 ~ 0,15% SiO₂ или MgO в качестве добавок [10]. После изостатического прессования проводили вакуумное спекание при 1700-1800°C в течение 4 часов для получения относительной плотности около 100%.

В настоящее время имеется мало сообщений о получении прозрачной керамики Nd:YAG и YAG методом горячего изостатического прессования. Икесуэ, Камата и др. впервые сообщили, что керамика Nd:YAG была получена методом горячего изостатического прессования, спекания, но из-за наличия пор и выделившихся фаз на границах зерен прозрачная керамика Nd:YAG не была получена [11]. Они считают, что при горячем изостатическом прессовании пузырьки газа аргона растворяются в фазе, выделяющейся на границе зерен, а поры появляются после горячего изостатического прессования. Ли и др. получили прозрачную керамику YAG путем предварительного спекания (температура спекания 1550-1650°C) в сочетании с горячим изостатическим прессованием (1450-1550°C), и ее значение светопропускания на длине волны 1064 нм аналогично монокристаллической керамике Nd:YAG.

Керамика YAG имеет следующие преимущества

- Высокая теплопроводность, хорошая ударопрочность
- Простота изготовления, низкая стоимость производства
- Возможность варьировать состав
- Широкая номенклатура форм изделий

Недостатки:

- Поры и дефекты керамики трудно контролировать

Как метод спекания керамики, который используется с 1980-х годов, вакуумное спекание является простым и надежным по сравнению с горячим изостатическим прессованием. Вот почему многие ученые использовали его для своих исследований.

Таким образом, очевидно, что керамика обладает преимуществом перед другими классами материалов на основе YAG благодаря высокой прочности и возможности тонкого варьирования оптических свойств за счет изменения состава порошка. Развитие технологий производства светопропускающей керамики на основе YAG является актуальной задачей.

1.3 Применение порошковых технологий для производства керамики на основе YAG

Синтез порошка

Для приготовления керамического порошка на основе YAG можно использовать газофазный, жидкофазный и твердофазный метод. Порошок, полученный газофазным методом, имеет более высокую чистоту, меньшую агломерацию по сравнению с другими. Недостаток газофазного метода в том, что оборудование дорогое, а производительность низкая. Оборудование, используемое в твердофазном методе, простое и удобное в эксплуатации, но получаемый порошок часто недостаточно чистый, а распределение частиц по размерам большое. Жидкофазный метод стоит посередине. По сравнению с газофазным методом, жидкофазный метод имеет преимущества простого оборудования и отсутствия необходимости в жестких физических условиях, таких как высокий вакуум. В то же время он позволяет синтезировать более чистый порошок, чем при твердофазном методе. Жидкофазный метод имеет самые многообещающие перспективы.

Прессование порошка

Для компактирования порошков на основе YAG, как правило, используют: одноосное одностороннее прессование в закрытых жёстких пресс-формах (ОП) или одноосное одностороннее прессование в закрытых жёстких пресс-формах с ультразвуковым воздействием (УЗ).

Одноосное одностороннее прессование в закрытых жестких пресс-формах [12][32].

ОП в закрытых жестких пресс-формах является, пожалуй, самым распространённым методом получения изделий из порошковых материалов [33]. Этот метод позволяет изготавливать детали широкой номенклатуры форм и размеров. Суть технологии заключается в помещении порошка внутрь жесткой матрицы из закаленной стали или твердого сплава и оказание на него давления, создаваемое прессом или другим устройством. Данный метод используют в работах [33][34].

Недостатком метода является низкая равномерность распределения плотности в объеме компакта, что является причиной неравномерной усадки керамики в процессе спекания и может вызвать отклонение формы изделия от заданной геометрии или образование таких дефектов, как трещины. Для повышения равномерности распределения плотности компактов используют два подхода: перераспределение сил пристенного трения, например, использование схемы двустороннего или коллекторного прессования, снижение трения за счет использования смазок и пластификаторов, а также подведения в зону прессования механических колебаний высокой частоты.



Рисунок 1.2 Поля распределения плотности в объеме порошкового тела в процессе одноосного одностороннего прессования в закрытых жестких пресс-формах [12]

Одноосное одностороннее прессование в закрытых жёстких пресс-формах с ультразвуковым воздействием.

УЗ в процессе уплотнения порошковых сред носит активационный и релаксационный характер, степень преобладания которого в процессе уплотнения порошков определяется коэффициентом связности частиц, и через состояние дислокационной структуры их поверхности оказывает влияние физические характеристики спечённой керамики [13]. Воздействие мощных ультразвуковых волн на порошок во время процесса прессования уменьшает трение между частицами порошка и элементами пресс-формы, разрушает крупные агломераты в порошке и увеличивает поверхностную активность частиц порошка и однородность их распространения, по сравнению с прессованием без УЗ. УЗ способствует увеличению плотности прессовки,

ускоряет процесс диффузии, ограничивает рост зерен во время последующего спекания. Данный метод используют в работах [13][30][31].

Режим спекания керамики

Спекание керамики относится к процессу уплотнения компактов при высоких температурах. С повышением температуры и увеличением времени изотермической выдержки твердые частицы спекаются друг с другом за счет процессов диффузии, зерна растут, общий объем пор сокращается, а плотность увеличивается. Спекание является одним из важнейших этапов производства керамики.

Вакуумное спекание [14] — это метод спекания, который представляет собой процесс спекания керамики путем высокотемпературной обработки в атмосфере вакуума. Данный метод все чаще используется в производстве керамических изделий из материалов на основе YAG. Метод спекания имеет простое оборудование и технологический процесс, отсутствие специальных форм, легкое спекание готовых изделий различной формы и большое количество спеченных образцов за один раз, но температура спекания высока, а время выдержки велико. Среди всех методов высокотемпературной консолидации вакуумное спекание, является одним из наиболее эффективных, поскольку в среде с отрицательным давлением воздух внутри компакта с большей вероятностью будет диффундировать наружу, что, несомненно, ускорит процесс уплотнения керамики. В 2015 году Гэ Л. и др. использовали вакуумное спекание для получения прозрачной керамики Nd:YAG, изучили ее оптическое пропускание и характеристики уплотнения при спекании [15]. Результаты показывают, что после спекания прессовок с относительной плотностью 40,5% (давление прессования: 250 МПа), при 1760°C в течение 10 часов светопропускание образца является наивысшим, достигая 83,8%.

1.4 Постановка цели исследования

Анализ литературных данных позволяет сделать выводы о том, что керамика на основе YAG является перспективным материалов для применения в освещении, медицине и может использоваться в качестве элементов

лазерных и оптических систем. Керамика обладает преимуществом перед другими классами материалов на основе YAG благодаря высокой прочности и возможности тонкого варьирования оптических свойств за счет изменения состава порошка, однако процесс производства керамики на основе YAG осложнён многостадийностью и сложностью контроля всех влияющих на качество продукта факторов. Поэтому развитие технологий производства керамических изделий на основе YAG и изучение процессов, происходящих на всех этапах производства, является актуальной задачей.

Таким образом, **целью работы является** исследование присущести порошков на основе YAG:Ce.

Для достижения цели в работе **поставлены и решены следующие задачи.**

1. Изучение влияния ультразвукового воздействия на процесс уплотнения порошков на основе YAG:Ce.
2. Определение характеристик прессуемой порошковых материалов на основе YAG:Ce для различных методов компактирования.
3. Определение технологических характеристик изучаемых порошковых материалов: насыпная плотность и коэффициент упрессовки.
4. Высокотемпературная консолидация спрессованных компактов методом вакуумного спекания, изучение структуры спеченной керамики.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНИКА И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристики порошковых материалов

Прокалённые порошки после измельчения и сушки просеивали через сито с ячейкой 200 мкм.

Таблица 2.1 – Средние размеры частиц порошков YAG:Ce и GYAGG:Ce после измельчения

Порошок	d(0,1), мкм	d(0,5), мкм	d(0,9), мкм	D[4;3], мкм
П1	0,8	1,6	3,4	3,1
П2	0,8	1,5	3,1	3,1

Микроструктуру порошков исследовали методом сканирующей электронной микроскопии на электронном микроскопе SU1510 (производства Hitachi).

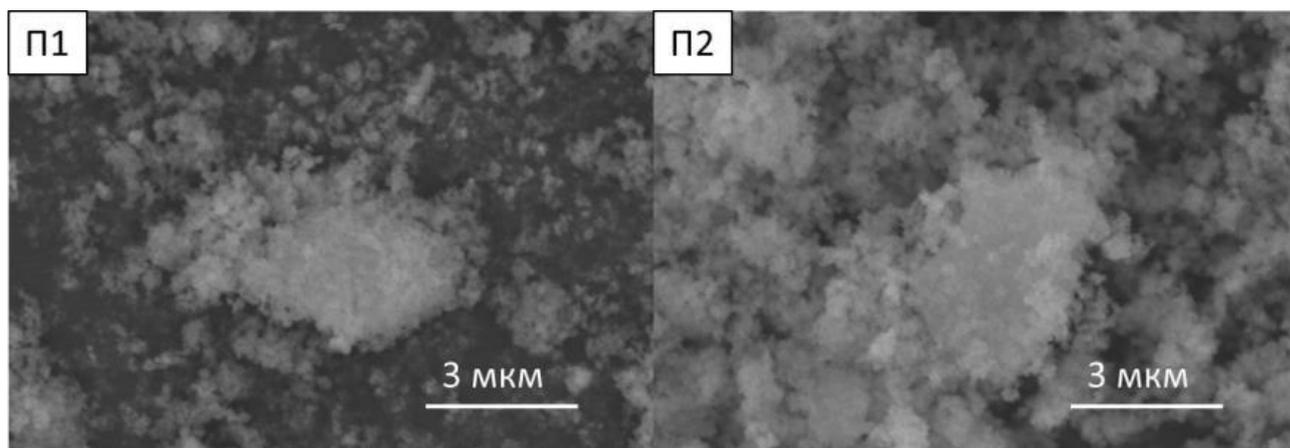


Рисунок 2.1 – Изображения СЭМ для порошков YAG:Ce и GYAGG:Ce после термообработки и измельчения

2.2 Лабораторное технологическое оборудование

В данной работе методами ультразвукового и одноосного одностороннего прессования в жестких пресс-формах и последующего спекания были получены керамические образцы в форме цилиндра. Для формирования компактов использовались пресс-формы для одноосного одностороннего прессования (рисунок 2.2) [16].



Рисунок 2.2 – Пресс-форма для одноосного одностороннего прессования компактов цилиндрической формы $d=14$ мм (слева), пресс-форма для одноосного одностороннего прессования компактов цилиндрической формы $d=10$ мм (справа)

Все используемые в работе пресс-формы сопряжены с УЗ-волноводами резонансных размеров и имеют возможность подключения магнитострикционных преобразователей (рисунок 2.3) для передачи порошку колебаний ультразвуковой частоты, возбуждаемых генератором УЗГ-2-4М (рисунок 2.4).



Рисунок 2.3 – Магнитострикционные преобразователи



Рисунок 2.4 – ультразвуковой генератор УЗГ 3

Прессование изделий в пресс-формах проводили с использованием гидравлического прессы ИП-500М авто (ЗАО «ЗИПО», Россия) (рисунок 2.5)



Рисунок 2.5 – Гидравлический пресс ИП-500М авто



Рисунок 2.6 - Высокотемпературная вакуумная печь

2.3 Методики исследования

Для наглядного представления поведения порошка в процессе прессования строятся кривые уплотнения. Существует 2 метода построения кривых уплотнения. Первый метод заключается в следующем: порошковое тело подвергают нагрузке с последующей разгрузкой (разгрузка проводится, чтобы учесть упругое последствие пресс-формы и порошка), этот процесс повторяется с определенным шагом с повышением величины нагрузки, при этом постоянно фиксируется изменение высоты порошкового тела, зависимость высоты порошкового тела от давления представлена на рисунке 2.7. После окончания этого процесса, из зафиксированных значений высоты прессовки, определяется плотность порошкового тела на всех этапах (после разгрузки), затем строится зависимость плотности от давления прессования (кривая уплотнения).

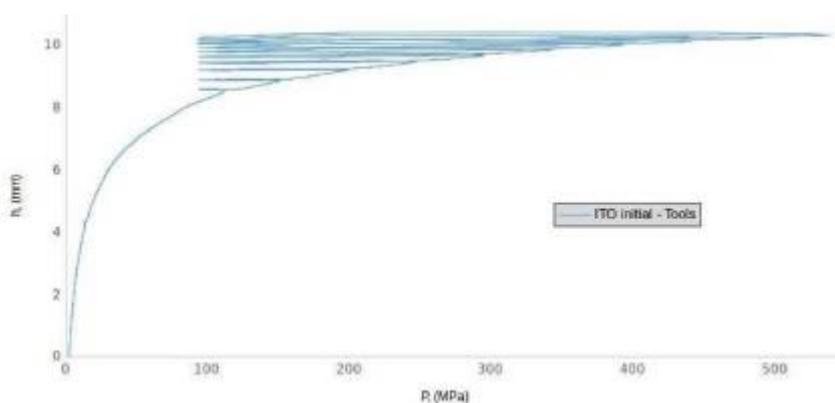


Рисунок 2.7 – Зависимость высоты компакта от давления прессования

Второй метод заключается в построении зависимости плотности компактов, спрессованных при различных давлениях и извлеченных из прессформы, от давления прессования. Преимуществом метода является отсутствие необходимости учитывать упругое последствие пресс-формы и компактов, но для построения кривой уплотнения требуется изготовление несколько компактов, что повышает затраты материала.

Плотность цилиндрических образцов была определена по формуле 5, образцов в форме параллелепипеда по формуле 6. Диаметр, длину и ширину определяли с помощью штангенциркуля с точностью до 0,01 мм, толщину – с помощью микрометра с точностью до 0,001 мм, массу определяли взвешиванием на электронных весах с точностью до 0,001 г.

$$\rho = m / (\pi \times ((D/2)^2 \times h), \quad (2)$$

$$\rho = m / (a \times b \times h), \quad (3)$$

где m – масса образца, a – ширина образца, b – длина образца, h – высота образца.

Диаметр, длину и ширину определяли с помощью штангенциркуля с точностью до 0,01 мм, толщину – с помощью микрометра с точностью до 0,001 мм, массу определяли взвешиванием на электронных весах с точностью до 0,001 г.

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Общая информация

Целью настоящей работы является изучения микроструктурных изменений в керамической карбидной системе, протекающих в процессе высокотемпературной консолидации.

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы.

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.

4.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Используя метод сегментирования, разделим потребителей разработки о наноструктурой керамике на основе YAG. Основные критерии сегментирования потребителей на рынке разработок наноструктурой керамике на основе YAG:

- 1) географический
- 2) отрасль
- 3) размер компании потребителя

Представим характеристику выбранных компаний потребителей нашей разработки. Компания «Cenlon Ceramics» находится в КНР, отрасль керамики

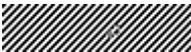
Компания «jinhuo Laser Technology» находится КНР, отрасль керамики

Компания «Buwei Applied Materials Technology», находится КНР, отрасль Керамического материала

На основании представленных критериев построим карту сегментирования рынка разработок покрытия различного состава (рисунок 4.1).

		Виды интернет-ресурс			
		корпоративный сайт	Интернет-каталог	Интернет-магазин	Информационный портал
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				

Рисунок 4.1 - Карта сегментирования рынка разработок покрытия различного состава

 -Фирма А Cenlon Ceramics

 -Фирма В jinhuo Laser Technology

 -Фирма С Buwei Applied Materials Technology

Представим в таблице 4.1 результаты сравнительной оценки конкурентов на рынке разработок наноструктурой керамики на основе YAG

Представим характеристику конкурентов. В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие разработки о наноструктурой керамики на основе YAG:

1) Керамика YAG, легированная металлическим Nd

2) YAG керамика, легированная металлом Се

Таблица 4.1 - Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобно в эксплуатации	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Энергоэкономичность	0,09	5	4	3	0,6	0,38	0,43
3. Точность измерительного прибора	0,13	4	5	3	0,82	0,54	0,64
4. Надежность	0,08	3	4	3	0,63	0,46	0,42
5. Проста эксплуатации	0,08	5	5	4	0,15	0,25	0,36
6. Эффективность работы	0,12	5	4	5	0,25	0,3	0,25
7. Безопасность	0,1	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена на расходы	0,12	4	5	3	0,48	0,6	0,36
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	3	4	0,34	0,2	0,48
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
Итого	1	45	41	37	4,49	3,67	3,98

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

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (5)$$

где K – конкурентоспособность проекта;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл показателя.

$$K = 0.1 \cdot 4 = 0.4 \quad (6)$$

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что предложенная нами разработка является наиболее актуальной и перспективной, имеет конкурентоспособность.

4.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Матрица SWOT

Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
С1. Простота технологии	Сл1. Нехватка рабочего персонала
С2. Экологичность технологии.	Сл2. Отсутствие оборудования для более углубленного исследования
С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	Сл3. Отсутствие оборудования для проверки продукта в условиях эксплуатации
С4. Наличие бюджетного финансирования	

С5. Исследовательское оборудование на базе ТПУ	
Возможности: В1. Сотрудничество с другими научными центрами В2. Финансирование зарубежных заказчиков В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт	Угрозы: У2. Потеря заказчиков и партнеров У3. Появление новых конкурентов

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта, описывающая связь сильных сторон проекта с возможностями представлена в таблице 4.3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	-	+	+	-	0
	В2	-	-	-	-	0
	В3	0	-	-	-	0
	В4	-	-	-	+	0
Угрозы проекта	У1	-	-	-	-	-
	У1	-	-	+	-	-
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3		
	В1	+	+	+		
	В2	+	+	-		

	B3	-	-	-		
	B4	-	-	-		
Угрозы	У1	+	0	0		
проекта	У1	-	-	-		

Третий этап. Составляется итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (таблица 4.4).

Таблица 4.4 - SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>C1. Простота технологии</p> <p>C2. Экологичность технологии.</p> <p>C3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>C4. Наличие бюджетного финансирования</p> <p>C5. Исследовательское оборудование на базе ТПУ</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Нехватка рабочего персонала</p> <p>Сл2. Отсутствие оборудования для более углубленного исследования</p> <p>Сл3. Отсутствие оборудование для проверки продукта в условиях эксплуатации</p>
<p>Возможности</p> <p>B1. Сотрудничество с другими научными центрами</p> <p>B2. Финансирование зарубежных заказчиков</p> <p>B3. Появление дополнительного спроса на продукт</p>	<p>B2 и B3 будут способствовать C2 и C3. B4 станет возможно благодаря C4.</p>	<p>Сл1, Сл2 и Сл3 может быть ликвидировано за счет B1. Сл1 и Сл2 также может быть ликвидировано с помощью B2.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Потеря заказчиков и партнеров</p> <p>У2. Появление новых конкурентов</p>	<p>C3 обеспечивает высокую конкурентоспособность чтобы противостоять У2</p>	<p>Сл1 может привести к нарушению сроков заказа и У1</p>

4.4 Планирование научно-исследовательских работ

4.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование работ предполагало определение структуры работ по проведению научного исследования, определение участников каждого вида работ, установление продолжительности работ, построение графика проведения исследований. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по выполнению НТР представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – 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 ВКР	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	Проведение эксперимента	инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Анализ полученных результатов НИР	инженер
	8	Корректировка расчетов	научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	9	Оценка эффективности результатов	инженер
	10	Составление пояснительной записки	инженер
	11	Подготовка к защите темы	инженер

4.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Определение трудоемкости выполнения научного исследования проведено экспертным путем в человеко-днях. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (7)$$

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

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

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

Исходя из рассчитанной ожидаемой трудоемкости работ, была определена продолжительность каждого этапа работы (в рабочих днях T_p), учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями, а также возможность выполнения нескольких видов работ в один временной промежуток. Далее с помощью формулы 2 рассчитана продолжительность одной работы в рабочих днях:

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (8)$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

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

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

Таблица 4.6 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожж}$, 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	1,1		2		2,1		2,4	2,9
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1,1	1,1	2	2	2,3	1,46	1,46	2
3. Обзор научной литературы		8		10		8,8	8,8	13
4. Выбор методов исследования		8		10		8,8	8,8	13
5. Планирование эксперимента		21		22		21,4	21,4	32
6. Проведение эксперимента		7		12		9	9	14
7. Анализ полученных результатов НИР		3		5		3,8	3,8	6
8. Корректировка расчетов		5		8		6,2	6,2	9
9. Оценка эффективности результатов		7		10		8,2	8,2	12
10. Составление пояснительной записки		7		10		8,2	8,2	12
11. Подготовка к защите темы		8		10		8,8	8,8	13
Итого	2,2	75,1	4	99		84,66	84,66	126

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

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность работ													
				февр			март			апр			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1 Исп2	2,9														
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	2														
3	Обзор научной литературы	Исп2	13														
4	Выбор методов исследования	Исп2	13														
5	Планирование эксперимента	Исп2	32														
6	Проведение эксперимента	Исп2	14														
7	Анализ полученных результатов НИР	Исп2	6														
8	Корректировка расчетов	Исп1 Исп1	9														
9	Оценка эффективности результатов	Исп1 Исп2	12														
10	Составление пояснительной записки	Исп2	12														
11	Подготовка к защите темы	Исп2	13														

Примечание:

|||| – Исп 1 (научный руководитель)

▒▒▒ – Исп 2 (инженер)

4.4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением.

4.4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее

основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Затраты на изготовление прототипов деталей сложной геометрии

Наименование	Кол-во/г	Цена, руб./г	Итого затраты, руб.
Порошок Се:YAG	0.8	15	12
Маски	1	15	15
Мыло туалетное ГОСТ 28546- 2002 ГОСТ 790-89	1	37	37
Перчатки резиновые, технические ГОСТ 20010-93, пар	1	12	12
Итого:			76

В сумме материальные затраты составили 76 рублей.

4.4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

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

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

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p, \quad (9)$$

где $Z_{он}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{он} = \frac{Z_m \cdot M}{F_0} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (10)$$

где Z_m – должностной оклад работника за месяц; F_0 – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн.; 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):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (7)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (11)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (12)$$

где $Z_{\text{мс}}$ – 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 4.9 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.10 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{\text{мс}}, \text{руб}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}, \text{руб}$	$Z_{\text{дн}}, \text{руб}$	$T_{\text{р}}, \text{раб.дн.}$	$Z_{\text{осн}}, \text{руб}$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	9	19325,7
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	120	219630,6
Итого:								238956,3

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{бол}} = K_{\text{бол}} \times Z_{\text{осн}} = 0,15 \times 19325,7 = 2898,9 \text{ руб.} \quad (13)$$

– для инженера:

$$З_{\text{бон}} = K_{\text{бон}} \times З_{\text{осн}} = 0,15 \times 219630,6 = 32944,59 \text{ руб.} \quad (14)$$

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

4.4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя:

$$З_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}}(З_{\text{осн}} + З_{\text{бон}}) = 0,3 \times (19325,7 + 2898,9) = 6667,38. \quad (12)$$

Для инженера:

$$З_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}}(З_{\text{осн}} + З_{\text{бон}}) = 0,3 \times (219630,6 + 32944,59) = 76642,2 \quad (13)$$

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

4.4.3.4 Накладные расходы

Накладными расходами учитываются прочие затраты организации, такие как: печать и ксерокопирование проектировочных документов, оплата услуг связи.

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

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Дисперсионные и седиментационные свойства наночастиц в гидрозоле» по форме, приведенной в таблице 4.11.

Таблица 4.11 - Группировка затрат по статьям

Статьи

Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
205998	1024	238956,3	35843,45	82439,92	564261,67	112852,33	677069

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

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегрального показателя ресурсоэффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НТР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.12).

Таблица 4.12 - Сравнительная оценка характеристик вариантов НТР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Вар.1	Вар.2	Вар.3
1. Ремонтпригодность	0,1	3/0,3	4/0,4	5/0,5
2. Стабильность работы	0,1	3/0,3	4/0,4	4/0,4
3. Долговечность	0,15	3/0,45	3/0,45	5/0,75
4. Безопасность при использовании установки	0,20	5/1	5/1	5/1
5. Помехоустойчивость	0,15	3/0,15	4/0,6	4/0,6
6. Потребность в ресурсах памяти	0,15	4/0,6	3/0,45	4/0,6
7. Простота эксплуатации	0,15	5/0,75	4/0,6	5/0,75
ИТОГО	1	26/3,55	27/3,9	32/4,6

$$I_{p-вар1} = 3,55;$$

$$I_{p-вар2} = 3,9;$$

$$I_{p-вар3} = 4,6.$$

На основании полученных интегрального финансового показателя и интегрального показателя ресурсоэффективности был рассчитан интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{вари}$) по формуле:

$$I_{вари} = \frac{I_{p-вари}}{I_{финр}}. \quad (15)$$

$$I_{вар1} = \frac{3,55}{1} = 3,55, I_{вар2} = \frac{3,9}{0,99} = 3,93, I_{вар3} = \frac{4,6}{0,92} = 5.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НТР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.13).

Таблица 4.13 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
1	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,55	3,9	4,6
2	Интегральный показатель эффективности	3,55	3,93	5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	Вар.1/Вар.2 = 0,91 Вар. 1/Вар. 3= 0,77	Вар. 2/Вар. 1 = 1,08 Вар. 2/Вар. 3 = 0,84	Вар. 3/Вар. 1 = 1,3 Вар. 3/Вар. 2 = 1,2

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 3 (данная разработка), т. к. показатель его сравнительной эффективности по отношению к каждому из сравниваемых вариантов больше 1.

4.6 Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее предпочтительного и рационального по сравнению с остальными.

2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работы – 126 дней; общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер, – 120; общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель, – 9;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 677069 руб;

4. По факту оценки эффективности НИР, можно сделать выводы:

1) значение интегрального показателя ресурсоэффективности НИР составляет 4,6, по сравнению с 3,55 и 3,9;

2) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5, по сравнению с 3,55 и 3,93, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в НИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 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.

Диссертация посвящена приготовлению порошка YAG в виде порошковых таблеток цилиндрической формы методом квазиизостатического прессования. Способ включает загрузку порошка в жесткую форму с внутренним диаметром отверстия 14 мм. Форма помещается под пресс, и прессы перемещаются друг относительно друга, тем самым передавая давление от верхнего индентора к порошковому телу. После завершения прессования брикет вынимается из формы и спекается при температуре 1750 градусов Цельсия в вакууме. Равномерное распределение плотности в объеме прессовки способствует равномерной усадке при спекании, что позволяет получить керамическое изделие с высоким распределением плотности по объему. Рабочее давление пресса может быть очень высоким, и пресс может быть согласован с жесткой формой для прессования многих различных типов порошка. Однако также из-за огромного давления пресса при несоблюдении мер безопасности работа может представлять потенциальную опасность для здоровья человека. Вакуумная печь для спекания также должна эксплуатироваться строго в соответствии с правилами эксплуатации, иначе чрезвычайно легко вызвать короткое замыкание и повреждение оборудования. Кроме того, на рабочем месте могут возникнуть различные аварийные ситуации, например, пожар, а значит, можно найти вредные и вредные вещества. Минимизация факторов риска и их влияния на сотрудников - важная задача.

Эта часть статьи посвящена выявлению вредных и опасных факторов и поиску способов предотвращения воздействия вредных факторов на

сотрудников в процессе быстрого производства керамического порошка методом квазиизостатического прессования и спекания в вакуумной печи.

5.2 Анализ выявленных вредных факторов

Любая деятельность, осуществляемая на производстве и в быту, вредные факторы в ней окажут негативное влияние на физическое и психическое здоровье и жизнь человека. Соблюдение норм безопасности повысит производительность труда рабочих на производстве или в лаборатории, а с повышением эффективности повысится прибыль [18].

Существует три вида профессионального риска и вредных факторов, которые могут привести к ухудшению состояния здоровья, повышению заболеваемости, различным травмам и снижению трудоспособности рабочих [19].

При проведении экспериментов в лаборатории вредные примеси (нанопорошок Fe_2O_3 и пары азотной кислоты, серной кислоты и соляной кислоты) в основном попадают в рабочую зону. Для контроля вредных примесей необходимо соблюдать ПДК, указанные в ГОСТ 12.1.005-88 [20]. В таблице 5.1 приведены данные контроля ПДК опасного вещества в лаборатории.

Глинозем широко используется в промышленности, поэтому создается множество лабораторий для производства этого типа нанопорошков. Каждый день при использовании ультратонких порошков операторы сталкиваются с проблемой попадания наночастиц прямо в организм.

Наночастицы Fe_2O_3 могут вызывать серьезные побочные эффекты в организме. Попадание наночастиц может вызвать воспаление внутренних органов и даже смерть. При вдыхании частиц они попадут во все части дыхательной системы человека в процессе естественной диффузии.

Таблица 5.1 - Предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны по ГОСТу 12.1.005-88 [20]

Название вещества	Величина на ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
Fe ₂ O ₃	6	A*	4	Ф*
Азотная кислота	2	A	3	-
Серная кислота	1	A	2	-
Соляная кислота	5	A	2	-
A-аэрозоль				
Ф-аэрозоли. преимущественно фиброгенного действия				

Как мы все знаем, чем меньше диаметр порошка, тем легче он попадает в организм человека. Если при использовании нанопорошка нарушаются правила безопасности, нанопорошок попадет в дыхательные пути и желудочно-кишечный тракт. Наиболее распространенный тип попадания наночастиц - через кожу. В частности, необходимо тщательно прикрыть поврежденный участок кожи. Одноразовые защитные перчатки и средства индивидуальной защиты следует использовать в лабораторных условиях и заменять каждые 3 часа. Для защиты органов дыхания и других систем следует использовать обычные пылезащитные RPDS. Фильтр может удалять наночастицы и другие вредные примеси из вдыхаемого воздуха. Концентрация этих примесей не превышает ПДК. (ПДК) ГОСТ Р 12.4.233-2012 и ГОСТ 17269-71 [21] [22].

Во время эксперимента наночастицы, выпущенные в воздух, будут агломерироваться. Как только наночастицы объединятся, их размер увеличится и попадет в кожу, одежду и оборудование. Чтобы наночастицы не

попадали на кожу и одежду, необходимо носить защитную одежду, специально предназначенную для лабораторного использования.

5.3 Производственная безопасность

Микроклимат производственной среды включает влажность воздуха, оптимальную температуру и интенсивность теплового излучения. Все факторы микроклимата оказывают большое влияние на персонал, его здоровье и работоспособность. Поэтому, согласно ГОСТ 12.1.005-88 (Таблица 5.2), необходимо соблюдать оптимальный и допустимый микроклимат студии [20]. Работа лабораторного персонала классифицируется как легкая промышленность Ib.

Таблица 5.2 - Требования к микроклимату лаборатории согласно ГОСТу 12.1.005-88 [20].

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	22 - 24	40 - 60	0,1
Холодный	21 - 23	40 - 60	0,1

Помещение и его размеры (площадь, объем) должны сначала соответствовать количеству рабочих и оборудованию, находящемуся в нем.

Чтобы обеспечить нормальные условия труда, гигиенический стандарт SanPiN 2.2.1 / 2.1.1.1031-01 предусматривает, что каждый рабочий должен занимать площадь пола 4,5 м² и объем воздуха 20М³ [23].

Помещение лаборатории имеет следующие параметры: длина помещения – 5 м; ширина – 4 м; высота – 3 м.

Согласно этим параметрам площадь помещения составляет 20 м², а объем $V = 60 \text{ м}^3$.

В лаборатории 4 сотрудника. Это означает, что у каждого есть рабочая площадь 5 м² и объем воздуха 15 м³.

5.4 Анализ шума

Источником шума лаборатории в основном является шум, вызванный производственной деятельностью экспериментального оборудования. Воздействие шума на человека может иметь необратимые последствия для слуха.

Шум отрицательно сказывается не только на слуховых органах, но и повреждает другие органы тела, особенно центральную нервную систему. Со временем в шумной обстановке люди будут страдать от неврологического нарушения слуха, потери памяти, депрессии и других заболеваний. Кроме того, появятся симптомы умственной отсталости и нарушения сна.

ГОСТ 12.1.003-83 Уровень звукового давления и эквивалентный уровень звука на рабочем месте в диапазоне частот 31,5-8000 определяют в зависимости от тяжести и интенсивности труда, уровня звука Гц и эквивалентного уровня звука на рабочем месте, и производственное оборудование -80дБА. Непрерывный шум > 85 дБА. Согласно нормативным документам СН 2.2.4 / 2.1.8.562-96 и ГОСТ 12.1.003-83 порог слышимости постоянно повышается. Профессиональные заболевания (глухота, потеря слуха) повышают артериальное давление, снижают скорость реакции и внимания.

Базовый метод шумоподавления:

- Уменьшить источники шума;
- Используйте на рабочем месте звукоизоляционный хлопок.
- Использовать оборудование для изоляции источников шума;
- Наденьте наушники.

5.5 Анализ освещенности рабочей зоны

В лаборатории используется искусственное и естественное освещение. Глаз является для человека самым важным органом для получения информации из внешнего мира, поэтому недостаток естественного освещения очень заметен, и проблему недостаточного освещения необходимо решать в лаборатории.

Правильный дизайн освещения может обеспечить высокий уровень продуктивности, оказать положительное психологическое воздействие на людей и помочь повысить продуктивность. Поэтому это следует учитывать при выборе типа лампы, требований к освещению, экономических условий и условий окружающей среды.

В помещениях люминесцентные лампы типа ОД используются в качестве источников света для искусственного освещения. Наружные светильники (двусторонние светильники с открытыми цоколями) используются в помещениях, где потолок и стены обладают хорошей отражающей способностью, а также могут выдерживать умеренную влажность и пыль. Для соблюдения гигиенических требований на рабочем месте следует использовать естественное и искусственное освещение. Лаборанты продолжили работать на ПК и улучшили зрение. При использовании вместе с ПК в соответствии со стандартами освещения и отраслевыми стандартами для внутреннего освещения рекомендуется использовать от 300 до 500 люкс для общего освещения.

Помещение имеет размеры:

a – длина помещения – 5 м;

b – ширина – 4 м;

h – высота – 3 м.

Рекомендуемое комнатное освещение - $E = 300$ люкс со средней разницей на темном фоне.

$$q_{\text{п}} = 70, q_{\text{с}} = 50, q_{\text{з}} = 10,$$

где $q_{\text{п}}$ – коэффициент отражения светового потока от потолка; $q_{\text{с}}$ – коэффициент отражения светового потока от стен.

$$H = h - h_{\text{п}} - h_{\text{с}} = 3 - 0,9 - 0,1 = 2\text{ м}$$

где $h_{\text{п}}$ - высота рабочей поверхности; $h_{\text{с}}$ - расстояние светильников от перекрытия.

Для освещения используется светильник типа ОД мощностью 40 Вт, а оптимальное расположение светильника составляет $\lambda = 1,5$. Расчетная длина между двумя рядами светильников: $L = \lambda \cdot h = 1,5 \cdot 2 = 3$ м.

Число рядов светильников: $n = b/L = 4/3 = 1,33$, где b – ширина помещения.

Выбирал $n=1$ ряда светильников. Тогда индекс освещения:

$$i = \frac{S}{(A + B) \times n} = \frac{9}{(4 \times 3) \times 1} = 0,75$$

Зная коэффициент отражения световых лучей в потолке, стенах и полах в лаборатории, вы можете определить коэффициент использования световых лучей:

$$\eta = \frac{q_{\text{п}} + q_{\text{с}} + q_{\text{з}}}{3} = \frac{70\% + 50\% + 10\%}{3} = 43,33\%$$

Световой поток лампы ЛБ составляет $F_0=2480$ лм. Тогда световой поток светильника ОД, состоящего из двух ламп: $F=2 \cdot F_0=2 \cdot 2480=4960$ лм.

Определим необходимое число светильников в ряду:

$$N = \frac{E \times S \times Z \times K}{n \times F \times \eta \times \gamma} = \frac{300 \cdot 9 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{2 \cdot 4960 \cdot 0,43 \cdot 1} = 1,09 \approx 1$$

где $Z=1,15$ -коэффициент неравномерности освещения;

$K=1,5$ – коэффициент запаса;

$\gamma=1$ – коэффициент затемнения.

При длине светильника $l_{\text{св}}=0,933$ м, их общая длина составляет:

$$l_{\text{общ}} = N \cdot l_{\text{св}} = 1 \cdot 0,933 = 0,933 \text{ м}$$

Расстояние между светильниками:

$$l = \frac{A - l_{\text{общ}}}{N + 1} = \frac{3 - 0,933}{1 + 1} = 1,0335 \text{ м}$$

Поэтому, в лаборатории необходимо установить четыре светильника в один ряд (рисунок 5.1)

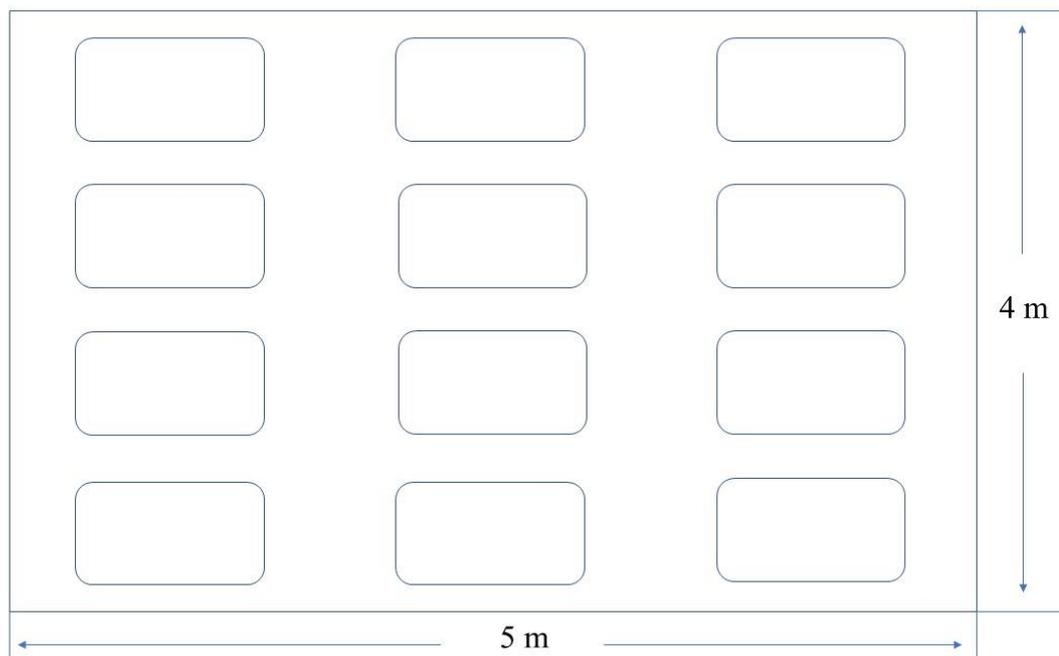


Рисунок 5.1 - План размещения светильников

5.6 Охрана окружающей среды

Лаборатория расположена в районе 10 корпуса Томского технологического университета. Он находится всего в 100 метрах от проспекта Ленина, главной улицы Томска.

При попадании наночастиц в воздух они образуют устойчивый золь, поэтому во избежание этого необходимо установить специальный фильтр для очистки воздуха по ГОСТ Р51251-99 [24]. Используйте фильтры грубой очистки (5-10 мкм) и фильтры тонкой очистки (0,3-5 мкм). Чтобы наночастицы не покидали лабораторию и не создавали опасность для общественной безопасности, в лаборатории установлена плотно закрытая дверь, а рабочая одежда хранится в специально отведенном гардеробе. Используемые в лаборатории реагенты и нанопорошки не превышали ПДК в воздухе.

После эксперимента образуются отходы, которые необходимо выбросить в специально предназначенный контейнер или мешок. Когда наночастицы попадают в канализацию, они могут оказывать вредное

воздействие на микроорганизмы (крупные блохи), пресноводные организмы и млекопитающих, а микроорганизмы являются важной частью жизненной цепи. В Европе и США были проведены исследования по изучению воздействия наночастиц TiO_2 на поверхностные воды в концентрации 0,275 мг / л. Автор данной работы собрал данные об экотоксичности из 44 научных публикаций и определил концентрацию TiO_2 , которая оказывает негативное влияние на живые организмы. Однако для живых организмов средняя летальная концентрация TiO_2 нестабильна. И в большинстве случаев летальная концентрация ниже этой концентрации.

После проглатывания наночастицы имеют более длительное время разложения и удаления. Проглатывание или удаление наночастиц может занять десятилетия. Многие металлические частицы вступают в реакцию с микроэлементами в почве с образованием веществ, вредных для человеческого организма [25]. Кроме этого, люди наблюдали, что растения медленно растут [26].

Для контроля предельно допустимой концентрации наночастиц, попадающих в литосферу, существует нормативный документ ГН 2.1.7.2014-06 [27].

5.7 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.

Во время работы могут возникнуть следующие аварии и аварийные ситуации:

- пожар, взрыв;
- поражение электрическим током;
- попадание кислоты или щелочи на кожу или в глаза

– выделение или образование едких, ядовитых, огне- или взрывоопасных веществ.

При возникновении аварийной ситуации работники лаборатории обязаны прекратить работу и сообщить о случившемся заведующему лаборатории или диспетчеру по ремонту. Далее выполнять его указания по устранению возникшей аварийной ситуации.

При возникновении пожара, воспламенении горючих веществ работник лаборатории должен:

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 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83 [28] [29].

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 2 представлен план эвакуации из лаборатории (021 аудитория) и соседних помещений.

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

При срабатывании пожарной сигнализации или явных признаках пожара необходимо руководствоваться следующими указаниями.

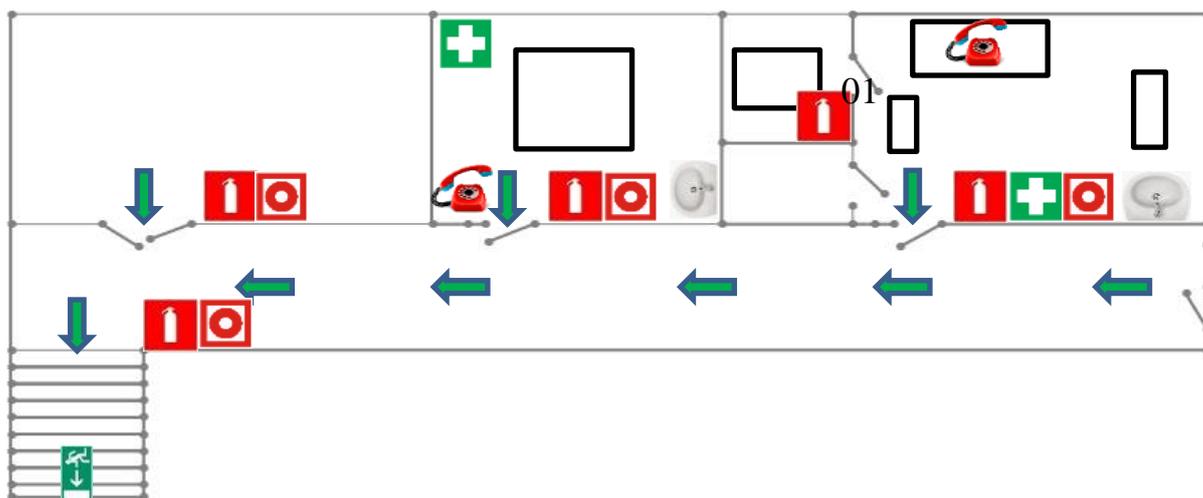


Рисунок 5.2 - План эвакуации

Без промедления сообщить об этом по телефону в пожарную охрану (при этом необходимо назвать место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию);

Принять меры по вызову к месту пожара своего непосредственного руководителя или другого ответственного лица;

Покинуть зону воздействия опасных факторов пожара, воздействующих на организм человека, за пределы помещения или здания, в которых возник пожар;

Отключить электрооборудование (электропечи, сушильные шкафы, термостаты, фотоэлектрические установки и др.), электрические приборы, аппараты, стенды и электропитание в помещении, где возник пожар (загорание);

Перекрыть газовый кран, погасить газовую горелку, спиртовку;

Выключить приточно-вытяжную вентиляцию;

Вынести из помещения сосуды с огне- и взрывоопасными веществами, используя при необходимости СИЗ органов дыхания типа СПИ-20 или ГЗДК;

Приступить к ликвидации пожара, используя первичные средства пожаротушения.

Для тушения пожара и воспламенения горючих веществ следует пользоваться:

При воспламенении ГЖ, смешивающихся с водой, - любыми огнетушителями, струей воды, песком, асбестовым или брезентовым покрывалом;

При воспламенении ГЖ, не смешивающихся с водой, - углекислотными или порошковыми огнетушителями, песком, асбестовыми или брезентовыми покрывалами, начиная с периферии.

При пользовании воздушно-пенными, углекислотными или порошковыми огнетушителями струю пены (порошка, углекислоты) не направлять на людей. При попадании пены на незащищенные участки тела стереть ее платком или какой-либо тканью и тщательно смыть чистой водой.

При загорании необесточенной электроустановки (электрооборудования) напряжением до 1000 В следует применять углекислотные или порошковые огнетушители.

При тушении не следует подносить раструб огнетушителя на расстояние ближе 1 м к электроустановке и пламени. При пользовании углекислотным огнетушителем не следует брать за раструб огнетушителя.

Запрещается применять воду и воздушно-пенные огнетушители для тушения приборов и оборудования, находящихся под напряжением.

Тушение пожара в помещениях с внутренними пожарными кранами необходимо проводить расчетом из двух человек: один раскатывает пожарный рукав от крана к месту пожара и работает со стволом, второй по команде работающего со стволом открывает кран.

При тушении очага загорания кошмой (асбестовым одеялом) пламя следует накрывать так, чтобы огонь из-под нее не попадал на человека, тушащего пожар.

При тушении пламени песком совок, лопату не поднимать на уровень глаз во избежание попадания в них песка.

Если на человеке загорелась одежда, то следует как можно быстрее погасить огонь, но при этом нельзя сбивать пламя незащищенными руками. Воспламенившуюся одежду необходимо быстро сбросить, сорвать либо погасить, заливая водой, а зимой, присыпая снегом. На человека в горячей одежде можно накинуть плотную ткань, одеяло, брезент.

При появлении вредных газов работники лаборатории должны прекратить работу и надеть необходимые СИЗ органов дыхания.

Работник лаборатории, обнаруживший обрыв проводов или других элементов контактной сети или высоковольтной воздушной линии электропередачи, а также свисающие с них посторонние предметы, обязан немедленно сообщить об этом вышестоящему руководителю, дежурному по депо или в ближайший район контактной сети.

До прибытия ремонтной бригады опасное место следует оградить любыми подручными средствами и следить, чтобы никто не приближался к оборванным проводам на расстояние ближе 8 м.

Оказавшись на расстоянии ближе 8 м от лежащего на земле оборванного провода в зоне растекания тока замыкания на землю (зоне "шаговых напряжений"), необходимо ее покинуть, соблюдая следующие меры безопасности: передвигаться следует в диэлектрических ботах или галошах либо "гусиным шагом" - пятка шагающей ноги приставляется к носку другой ноги, не отрывая ноги от земли.

Нельзя отрывать подошвы от поверхности земли и делать шаги, превышающие длину стопы.

5.8 Выводы по разделу

Таким образом, в этом разделе рассматриваются негативные факторы, которые могут повлиять на жизнь и производство людей, и сводятся к минимуму вредные факторы. Кроме того, он также рассматривает решения для обеспечения безопасности персонала, производственной среды и аварийных ситуаций, которые могут возникнуть на рабочем месте.

ВЫВОДЫ

В ходе выполнения работы были сделаны следующие выводы.

1. Ультразвуковое воздействие при уплотнении исследованных порошков представляется эффективным способом повышения качества компактов во всём исследованном диапазоне давлений прессования.

2. УЗ-прессование улучшает состояние межчастичных контактов (коэффициент связности и среднее координационное число) в порошковых телах всех исследованных порошков.

3. Керамика с максимальной плотностью была спечена при температуре 1750 °С и времени выдержки в течении 5 часов, повышение продолжительности спекания привело к снижению плотности керамики из обоих материалов П1 и П2.

4. Было показано, что затраты на реализацию исследования прессуемости нанопорошков на основе YAG составляют 677069 рублей. Реализуемый способ производства изделий из материалов на основе YAG является более выгодным с экономической точки зрения по сравнению с конкурирующими технологиями.

5. В процессе разработки керамики YAG очень важен контроль безопасности персонала при работе с нанопорошками. При выполнении данной выпускной квалификационной работы, уровень лабораторного освещения, шума и фактор опасных веществ соответствовали государственным стандартам безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Coble R L. Sintering alumina: effect of atmospheres / R L. Coble // Journal of the American Ceramic Society. – 1962. №45 (3) – С. 123.
2. Лу С. Разработка иттриевого алюминиевого граната на основе лазера. / С. Лу // – 1972. – С. 13.
3. Docin: официальный сайт. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.docin.com/p-455048435.html> (Дата обращения 06.06.2021 г.)
4. Цзэн П., Ван Х., Ван В., Азотно–кислотная коррозия при плазменном напылении покрытия YAG: Ce // Редкие металлические материалы и инженерия. – 2018. – №4 – С. 339.
5. Лу С. YAG с низким уровнем дефектов: подготовка покрытия Ce и исследование его люминесцентных характеристик при сернокислотной коррозии. / С. Лу 2019. – 39 с.
6. Li C.S., Zhang Y.J., Gong H.Y., Materials Chemistry and Physics 2009. –31с.
7. Шен Б., Ван Ц., Юй С., Прогресс исследований лазерного волокна на кристаллах иттрий–алюминиевого граната, легированного редкоземельными элементами // Materials reports. – 2021. – №9. – С. 09123.
8. Yang H., Qin X., Zhang P., The effect of MgO and SiO₂ codoping on the properties of Nd:YAG transparent ceramic // Optical Materials, – 2012. – №34. – С. 940-943.
9. Frage, Kalabukhov N., Sverdlov S., Frage Effect of the spark plasma sintering (sps) parameters and LiF doping on the mechanical properties and the transparency of polycrystalline Nd:YAG // Ceramics International, – 2012, – №38. – С. 5513-5519.
10. Цзэн Л., Ли Ч., Ван Ц., Прогресс исследований технологии спекания поликристаллической прозрачной керамики Nd : YAG // China Ceramics. – 2018. – №54. – С. 89.

11. Ikesue A., Kamata, Microstructure and Optical Properties of Hot Isostatically Pressed Nd : YAG Ceramics // Am. Ceram, – 1996. – №19(7). – С.1927-1933.
12. Пак С. Исследование приготовления и оптических свойств прозрачной керамики YAG / С. Пак // – 2004. – С. 46 – 50.
13. Двилис Э.С. Закономерности консолидации порошковых систем при изменении деформации и физических воздействий: дисс. ... д-ра физ.-мат. наук. Томск, 2014. 386 с.
14. Wenku: официальный сайт. – [Электронный ресурс]. Режим доступа:
<https://wenku.baidu.com/view/5223601bf342336c1eb91a37f111f18583d00c22.html> (Дата обращения 04.06.2021 г.)
15. Гэ Л., Ли Ц., Чжи Ц., Получение прозрачной керамики Nd: YAG методом прямого сухого прессования и вакуумного спекания // ЖУРНАЛ КИТАЙСКОГО КЕРАМИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА. – 2015. –№9. 8 с.
16. Алишин Т.Р. Получение керамических изделий сложной формы методом квазиизостатического прессования из порошка на основе диоксида циркония: дис. маг. тех. наук: 22.04.01. - Томск, 2019. - 151 с.
17. Хасанов. О.Л., Двилис Э.С., Толкачев О.С. Исследование характеристик прессуемости порошков сложных оксидов со структурой граната при их компактировании методом ультразвукового прессования. - 2020. - 22 с.
18. Агошков А. И., Трегубенко А. Ю., Вершкова Т. И. Медико — биологические основы безопасности жизнедеятельности: учебное пособие // Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ). – Москва. 2015. 157 с.
19. ГОСТ 12.0.003 – 74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М: ИПК Издательство стандартов. – 2004. – 2 с.
20. ГОСТ 12.1.005 – 88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно–гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.:

Стандартинформ. – 2008. – 48 с.

21. ГОСТ Р 12.4.233 – 2012. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Термины, определения и обозначения. – М.: Стандартинформ. – 2014. – 15 с.

22. ГОСТ 17269 – 71. Респираторы, фильтрующие газопылезащитные РУ– 60м и РУ– 60му. Технические условия. – М.: Стандартинформ. – 2005. – 11с.

23. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031 – 01. Санитарно–защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. – 2001. – 10.

24. ГОСТ Р 51251 – 99. Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка. – М.: ИПК Издательство стандартов, – 2002. – 6 с.

25. Comparative ecotoxicity of the nano Ag, TiO₂ AND ZnO TO aquatic species assemblages // Applied Ecology and Environmental Research. – 2014. – 13(2). – 325 – 338.

26. Анциферова И. В. Источники поступления наночастиц и их влияние на окружающую среду и человека // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2012. – № 7. – С. 5 – 10.

27. Ruffini C. M., Giorgetti L. The effects of nano–TiO₂ on seed germination, development and mitosis of root tip cells of *Vicia narbonensis* L. and *Zea mays* L // Journal of Nanoparticle Research. – 2010. – 10. – P. 24–30.

28. ГН 2.1.7.2041 – 06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 6 с.

29. ГОСТ 12.4.009 – 83. ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 2001. – 4 с.

30. Кокорин В. Н., Шанченко Н. И., Сизов Н. А., Крупенников О. Г. Моделирование процесса уплотнения увлажненных металлических порошков с использованием ультразвукового воздействия // Известия ТулГУ.

Технические науки. – 2013. – №4. – 39 с.

31. Анненков Ю.М., Апаров Н.Н., Соколов В.М. и др Упрочнение корундоциркониевой керамики при ультразвуковом компактировании ультрадисперсных порошков. Стекло и керамика, – 1994, – №11-12.

32. Stingl P. Einführung in die Technische Keramik // Seminar Technische Keramik in der Praxis. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.keramverband.de/keramik/pdf/02/sem02_03.pdf. (Дата обращения 05.06.2021 г.).

33. Лю Г., Цинь С., Вэй Ц., Исследование критериев текучести металлических порошковых материалов одноосного сжатия // Журнал Научно-технического университета Хуачжун, – 2016. – №7

34. ТОЛКАЧЁВ О.С., ДВИЛИС Э.С., АЛИШИН Т.Р., и др ОЦЕНКА ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ СТОЙКОСТИ КЕРАМИКИ Y-TZP ПО СТЕПЕНИ ТЕТРАГОНАЛЬНОСТИ ОСНОВНЫХ ФАЗ // НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА, – 2020. – №4(10). –417 с.