



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
Разработка нанокompозита $MgAl_2O_4 - Ag$ с использованием установки распылительной сушки

620.22-022.532:66.047.596

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Янь Тун		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Лямина Г.В.	К.Х.Н		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Лямина Г.В.	К.Х.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
Профессор (ООД, ШБИП)	Сечин А. А.	Д.Т.Н		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2020 г.

## 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>Задачи... 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»**

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов  
 Отделение школы Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 26. 04. 2021 О.Ю. Ваулина

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

В форме:

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
154Б72	Янь Тун

тема работы:

<b>Разработка нанокompозита MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> - Ag с использованием установки распылительной сушки</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 57-53/С от 26.02.2021
Срок сдачи студентом выполненной работы:	08 июня 2021 года

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

Исходные данные к работе	Разработка нанокompозита MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> -Ag с использованием установки распылительной сушки
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Выполнить литературный обзор по теме ВКР. 2. Синтезировать сферические частицы алюмомагниевои шпинели из суспензий методом нанораспылительной сушки. 4. Оценить фазовый состав и морфологию порошков. 5. Провести осаждение серебра на инертный носитель 6. Определить противогрибковую активность полученных систем в пектиновых средах

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкова Т.В. (ОСГН ШБИП) Конд.экон.наук
Социальная ответственность	Сечин А. А.Профессор (ООД, ШБИП) Д.Т.Н

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

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Лямина Г.В	К.х.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
154Б72	Янь Тун		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
154Б72	Янь Тун

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение Школа</b>	<b>ОМ</b>
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	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>Анализ конкурентоспособности</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>Интегральный показатель ресурсоэффективности.</i>
---	--

**Перечень графического материала**

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

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Т.В.	Конд.экон.наук		10.02.21

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
154Б72	Янь Тун		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

<b>Группа</b> 154Б72	<b>ФИО</b> Янь Тун		
<b>Школа</b> Уровень образования	<b>ИШНПТ</b> Бакалавриат	<b>Отделение (НОЦ)</b> Направление/специальность	<b>ОМ</b> 22.03.21 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

<b>Получение носителя на основе оксида алюминия и серебра методом распылительной сушки</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: Получение оксида алюминия методом распылительной сушки Область применения: носителя на основе оксида алюминия и серебра
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Трудовой кодекс Российской Федерации ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	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
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы). Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы). Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Авария, взрыв, пожар

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор (ООД, ШБИП)	Сечин А. А.	Д.Т.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
154Б72	Янь Тун		

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов  
Отделение школы Отделение материаловедения

Уровень образования: бакалавриат

Период выполнения: весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

**Бакалаврская работа**

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

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.04.2021	Литературный обзор по теме	20
30.05.2021	Выполнение эксперимента по теме работы	30
08.06.2021	Обсуждение результатов и оформление работы	50

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Лямина Г.В.	К.х.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

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

## Реферат

Выпускная квалификационная работа: 71 с, 16 рис, 27 табл, 45 источников.

*Ключевые слова:* композиционные порошки, наночастицы серебра, алюмомагниева шпинель, серебро, нанораспылительная сушка.

*Объект исследования:* композитный порошок на основе  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$ , полученный распылительной сушкой на установке В-90; нанокompозит  $\text{MgAl}_2\text{O}_4\text{-Ag}$ .

*Цель работы* – разработка нанокompозита  $\text{MgAl}_2\text{O}_4\text{-Ag}$  с использованием установки распылительной сушки.

*В процессе исследования проводились* обзор литературы, посвящённый методам синтеза, свойствам и применению наночастиц серебра как антибактериального препарата; получение оценка антибактериальных свойств наночастиц системы  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-Ag}$ , полученных с применением экстракта берёзы и без него.

*Методы исследования:* просвечивающая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ (РФА), испытания на противогрибковые свойства в среде пектиновых гелей.

*В результате исследований* синтезированы и исследованы композиционные порошки  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  на установке Nano Spray Dryer В-90 при различном соотношении магния и алюминия. Проведено осаждение наночастиц серебра на носитель. Показана противогрибковая активность полученных систем.

*Степень реализации:* НИР

*Сфера применения:* разработка может быть применена при создании антибактериальных препаратов.

*Экономические преимущества:* разработанная система готовится из дешевого и доступного сырья по технологиям, которыми легко управлять свойствами готового продукта.

### **Список условных сокращений.**

РФА-рентгенофазовый анализ;

НЧ – наночастицы;

ОКР – область когерентного рассеяния;

ПЭМ-просвечивающий электронный микроскоп.



## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	11
1. Литературный обзор .....	12
1.1. Носители лекарственных препаратов на основе хитозана .....	14
1.1. Твердые липидные наночастицы: перспективная технология доставки лекарств .....	14
1.3. Химические методы синтеза носителей .....	17
1.4. Бактерицидные свойства серебра .....	17
1.5. Синтез наночастиц серебра .....	17
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ .....	23
2.1. Приборы и материал .....	23
2.2. Методика получения $Al_2O_3 - MgO$ .....	23
2.3. Методика получения $Al_2O_3 - MgO - Ag$ .....	26
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ .....	28
3.1. Результаты РФА анализа порошков $Al_2O_3 - MgO$ .....	28
3.2. Результаты ПЭМ порошков .....	31
3.3. Результаты испытаний композита $Al_2O_3 - MgO - Ag$ в среде пектиновых гелей .....	33
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	35
4.1. Общая информация .....	35
4.2. Потенциальные потребители результатов исследования .....	35
4.3. SWOT-анализ .....	37
4.4. Планирование научно-исследовательских работ .....	40
4.6. Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	44
4.8. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	48
Выводы по разделу .....	49
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	50
5.1 Введение .....	50
5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	50
5.3 Производственная безопасность .....	51

5.4 Анализ вредных производственных факторов .....	52
5.5 Анализ опасных производственных факторов .....	60
5.6 Экологическая безопасность .....	63
5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	64
5.8. Выводы по разделу .....	66
Выводы .....	67
Список используемых источников .....	68

## ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим направлением современной фармакологии является создание новых лекарственных препаратов, заменяющих или являющихся более эффективными, чем современные антибиотики. Самым подходящим элементом для этого является серебро. Однако применение серебра ограничено его токсичностью. Наиболее оптимальным подходом для устранения этого эффекта является использование носителя, который должен быть инертен по отношению к окружающей среде в организме человека. Закрепление лекарственных препаратов на носителях, как правило, приводит к пролонгированному действию активного вещества в организме. За последние 15 лет существенное место в данной области стали занимать наноразмерные носители.

На сегодняшний день в таком качестве используют высокомолекулярные вещества, углеродные материалы, оксиды и кислородсодержащие соединения кремния, алюминия, кальция и др. [1].

Использование оксидов в качестве носителей лекарственных препаратов имеет ряд преимуществ. Во-первых, они химически инертны, в отличие от полимеров, и медленнее подвергаются деградации в организме человека. Во-вторых, они имеют значительно больше возможностей для создания более подходящей морфологии, структуры пор для решения конкретной задачи.

В нашей работе предложено апробация керамических частиц для систем носитель – Ag/Ag<sub>2</sub>O.

Цель работы: разработка нанокompозита MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>–Ag с использованием установки распылительной сушки

Задачи:

1. Выполнить литературный обзор по теме ВКР.
2. Синтезировать сферические частицы алюмомагниевого шпинели из суспензий методом нанораспылительной сушки.
4. Оценить фазовый состав и морфологию порошков.
5. Провести осаждение серебра на инертный носитель
6. Определить противогрибковую активность полученных систем в пектиновых средах.

## 1. Литературный обзор

В связи с выбранной темой исследования в литературном обзоре были описаны следующие направления: способы получения нанокompозитных материалов, антисептические свойства серебра и способ получения наносеребра.

В таблице 1 представлена классификация наноносителей, данная в работе [2].

Таблица 1 – Классификация наноносителей лекарственных препаратов.

Неорганические	Органические	Биологические
Оксиды железа, мезопористый $Al_2O_3$ , Zn, CuO, Au, Ag, вещества на основе углерода, лантаноиды, полупроводниковые соединения	Мицеллы, липосомы, дендримеры, циклодекстрины, полимерные мицеллы, нанокапсулы	Экзосомы, ферритин, липопротеины, вирусы
Нульмерные	Одномерные	Двухмерные
Наночастицы Фуллерены Дендримеры Нанопоры Нанокапсулы	Нановолокна Нанотрубки Нанонити	Наноразмерные пленки

Как видно из таблицы в качестве носителей может применяться достаточно широкий спектр веществ. Коллоидные растворы неорганических соединений, благородных металлов и полупроводниковых соединений, могут применять как в качестве индивидуальных препаратов, так и в качестве одного из составляющих компонентов. Органические вещества применяют преимущественно в качестве носителей или материала оболочек.

Формы носителей также могут отличаться. Как правило наноразмерные носители представляют собой пористые нульмерные тела – наночастицы, нанокапсулы, дендримеры из различных материалов, а также фуллерены и квантовые точки.

На рисунке 1 показаны пять видов носителей лекарственных препаратов. Водорастворимые полимерные носители, показанные в (1), включают природные полимеры, такие как антитела и синтетические полимеры. Эмульсии включают небольшие капли масла, стабилизированные монослоем амфифильного вещества на поверхности. Наносферы представляют собой твердые мелкие частицы, изготовленные из натуральных или синтетических полимеров. Разница между каплями в эмульсиях и наносферами является агрегатное состояние среды: жидкость

для эмульсий и твердое для наносфер. Четвертый тип системы носителя липосомы. Это везикул с двухслойными липидами, которые имитирует клеточные мембраны. Пятый тип - полимерная мицелла. Полимерные мицеллы представляют собой сборку полимеров (обычно состоящих из десятков или сотен полимерных цепей) с сферическим внутренним ядром и внешней оболочкой [3].

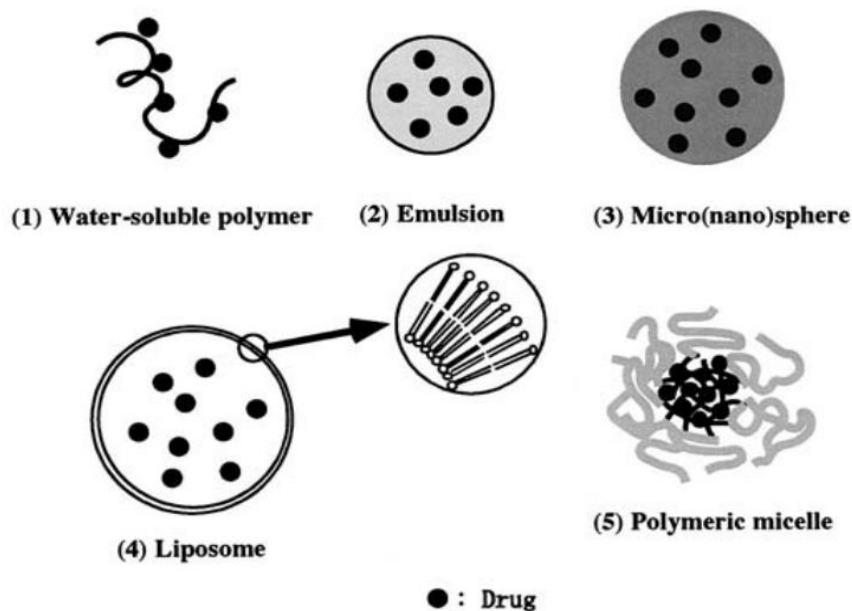


Рисунок 1. – Типы носителей лекарственных препаратов

Существенную часть среди носителей занимают оксиды металлов. Наиболее распространенными керамическими материалами для применения в наномедицине являются диоксид титана ( $\text{TiO}_2$ ), диоксид кремния ( $\text{SiO}_2$ ), оксид алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), оксиды железа (II, III).

Методы синтеза диоксида кремния хорошо разработаны, однако он может являться цитотоксичным в зависимости от морфологии и поверхностных свойств. Диоксид титана также перспективный носитель, хотя является относительно дорогим веществом. Наноносители с магнитными характеристиками, например соединения железа, имеют дополнительные преимущества по сравнению с другими оксидами металлов, поскольку целевую доставку можно очень точно контролировать, направляя частицы с помощью магнитных эффектов.

Как правило индивидуальные вещества не могут удовлетворять всем требованиям, в связи с этим в последние годы активно разрабатывают гибридные системы. Например, носитель на основе оксида металла, покрытый веществом с

магнитными свойствами и помещенный в полимерную оболочку.

### **1.1. Носители лекарственных препаратов на основе хитозана [4]**

Авторы работы разработали систему-носитель, которая включает большое количество лекарств и специально нацелена на опухолевые клетки, необходима для успешной химиотерапии рака. Для этого использовали модифицированный хитозан

Синтез состоял из нескольких этапов: хитозан был модифицированный фруктозой и затем восстановлен борогидридом натрия: 8,87 г фруктозы добавили к 100 мл 4,5% раствора хитозана, содержащего 1 об. % раствора уксусной кислоты. Затем рН раствора доводили до 4,5-5,0 с использованием раствора гидроксида натрия и перемешивают в течение 4 ч при 37 ° С. Далее 2,0 г борогидрида натрия. рН раствора доводили до 6,5-7,0 с помощью соляной кислоты. Реакционную систему перемешивали в течение 24 ч и затем реакцию прекращали, добавляя 95% спирта. Осажденный полимер фильтровали и промывают три-четыре раза этанолом и диэтиловым эфиром, соответственно. Композит сушили в инфракрасной сушилке.

На втором этапе получали активное вещество на носителе. 5,4 г. фитостеринов смешивали с 3,6 г янтарного ангидрида в 20 мл пиридина. Выдерживали в течение 24 ч при комнатной температуре и проводили осаждение в ледяном растворе соляной кислоты. Таким образом был получен белый порошок фитостерол гемисукцината (ФГ) путем перекристаллизации в тетрагидрофуране (ТГФ) и этаноле.

ФГ был связан с носителем через эфирные группы.

Схематическое изображение предполагаемого синтеза показано на рисунке 2.

### **1.1. Твердые липидные наночастицы: перспективная технология доставки лекарств [5]**

В 1980-х годах Шпайзер и его коллеги первыми сообщают о создании твердых липидных частиц для доставки лекарств (Eldem T et al., 1991). Шпайзер создал начальную наноэмульсию, используя высокоскоростное смешивание или обработку ультразвуком; наноэмульсию (Siekman B. et al., 1996; Cavalli R et al., 1998) впоследствии подвергали распылительной сушке с получением «нанопеллет». Домб позже описал очень аналогичный процесс, основанный на высокоскоростном перемешивании и обработке ультразвуком с получением липидных частиц или «липосфер». (Domb J et al., 1995). Методы Шпайзера и Домба позволили получить

полидисперсные популяции, которые не смогли произвести много субмикронных частиц.

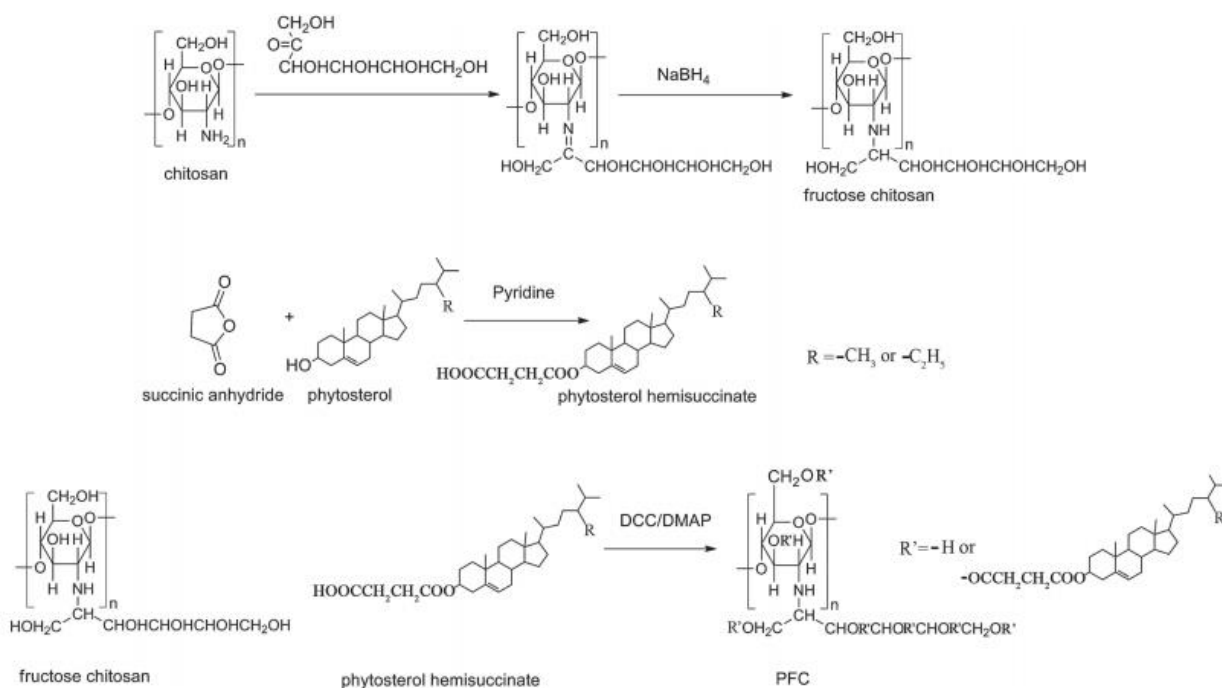


Рисунок 2 – Синтез на основе хитозана и стирола.

Многочисленные исследования впоследствии группы приступили к исследованиям по улучшению синтеза твердых липидных наночастиц (Cavalli R et al., 1996). Большинство исследователей рассматривали синтез твердых липидных наночастиц как некоторую вариацию двухэтапного процесса: 1) создание предшественника «масло в воде» «нано» эмульсия и 2) последующее затвердевание дисперсной липидной фазы.

Известно, что размер каплей эмульсии зависит от сдвиговых сил, действующих на поверхность капли, межфазного натяжения, вязкости дисперсной фазы и непрерывной фазы. вязкость. В результате наука об эмульгировании развивалась на основе уменьшения межфазного натяжения и вязкости путем разработки рецептур и увеличения сдвиговых сил, создаваемых системой жидкость-жидкость. Подход к синтезу твердых липидных наночастиц с точки зрения эмульсии сопряжен со значительными проблемами. Большинство эмульсий дают полидисперсные капли со многими размерами каплей, превышающими желаемую субмикронную мишень. Чтобы преодолеть полидисперсность и размер каплей больше желаемого,

исследователи часто подвергают эмульсии прекурсора большим механическим воздействиям, таким как гомогенизация с высоким сдвигом, гомогенизация под высоким давлением и ультразвук. Высокий расход энергии увеличивает эксплуатационные расходы, риски механического загрязнения и может подавлять активность механически и термически чувствительных биологических молекул.

В попытке избежать большого механические энергозатраты, некоторые исследователи используют более химически элегантные подходы, а именно микроэмульсии и методы испарения растворителя. Учитывая присущую многим эмульсионным системам нестабильность, процесс затвердевания дисперсной фазы создает термодинамически сложные фазовые переходы, которые могут способствовать полидисперсности и нестабильности частиц. Наконец, общая рецептура и параметры процесса зависят от химической природы лекарственного средства, подлежащего доставке. Такое отсутствие формулировки и устойчивости процесса требует переформулирования и оптимизации процессов для каждого поставляемый препарат, негативно влияющий на экономическую жизнеспособность технологии за счет увеличения затрат на разработку и скорости выхода на рынок. Несмотря на проблемы подходов на основе эмульсии, исследовательские работы, начавшиеся в начале 1990-х годов, позволили добиться значительных успехов в успешном синтезе твердых липидных наночастиц из эмульсий.

Совершенствуясь в более ранней работе, исследовательские группы Алина и Домба производили твердые липидные наночастицы путем гомогенизации с высоким сдвиговым усилием. Алин сообщил, что наночастицы тримиристина, стабилизированные полоксамером (0,5 мас.%) со средним размером частиц от 100 до 200 нм, используют гомогенизацию с высоким сдвигом при комнатной температуре и 25000 об / мин в течение 10 минут (Ahlin et al., 1998). Отверждение достигалось путем диспергирования эмульсии в воде ( $T = 16^{\circ}C$ ) при 5000 об / мин в течение 5 минут. Более высокие скорости перемешивания уменьшали полидисперсность, но не уменьшали значительно размер частиц. Алин и соавт. не смог установить оптимальный условия эмульгирования и затвердевания для подхода гомогенизации с высоким сдвигом. Это отражает сложную и сверхчувствительную связь между химией состава и параметрами процесса.



### **1.3. Химические методы синтеза носителей**

Химические методы получения нанопорошков обеспечивают необходимый уровень чистоты, позволяют контролировать структуру и фазовый состав продукта. Одним из ограничений данных методов является высокая степень агрегации наночастиц. Решить данную проблему можно двумя способами.

Первый – использование стабилизаторов [ 6 , 7 , 8 , 9 ]. Второй способ – использование специальных установок, позволяющих быстро извлекать частицы из раствора или суспензии [10, 11, 12]. Преимущественно исследования в этой области направлены на получение фармацевтических препаратов [13, [14].

### **1.4. Бактерицидные свойства серебра**

Серебросодержащие препараты очень перспективны. Появление устойчивых штаммов микроорганизмов вызывает необходимость разработки новых антибиотиков; хотя они негативно влияют на организм, вызывая побочные эффекты [15].

Механизм борьбы серебра с бактериями и вирусами следующий: серебро реагирует с клеточной мембраной бактерии, которая представляет собой структуру из особых белков, соединенных аминокислотами для обеспечения механической прочности и стабильности. Серебро взаимодействует с внешними пептидогликанами, блокируя их способность передавать кислород внутрь клетки бактерии, что приводит к «удушью» микроорганизма и его гибели [16].

Известно, что техногенные наночастицы серебра могут оказывать положительное, отрицательное и нейтральное воздействие на различные тестируемые объекты. При исследовании влияния наночастиц на различные биологические объекты в литературе описаны противоречащие друг другу результаты. Вероятно, это связано не только с отсутствием общих стандартов для проведения биоанализа наночастиц, выбора различных тестовых функций и условий эксперимента, но также с характеристиками самих наночастиц [17].

### **1.5. Синтез наночастиц серебра**

Существует несколько групп методов синтеза наночастиц серебра (НЧ Ag): физические, химические, смешанные. Отдельно рассматривают методы «зеленого

синтеза». Два наиболее часто используемых способа стабилизации наночастиц это включение их в матрицы и закрепление на поверхностях различной природы. В настоящее время предложено множество методов получения наноразмерных частиц серебра, основной из которых является метод химического восстановления.

На рис. 3 представлены наночастицы серебра, осажденные на носитель – мезопористый алюмосиликат.

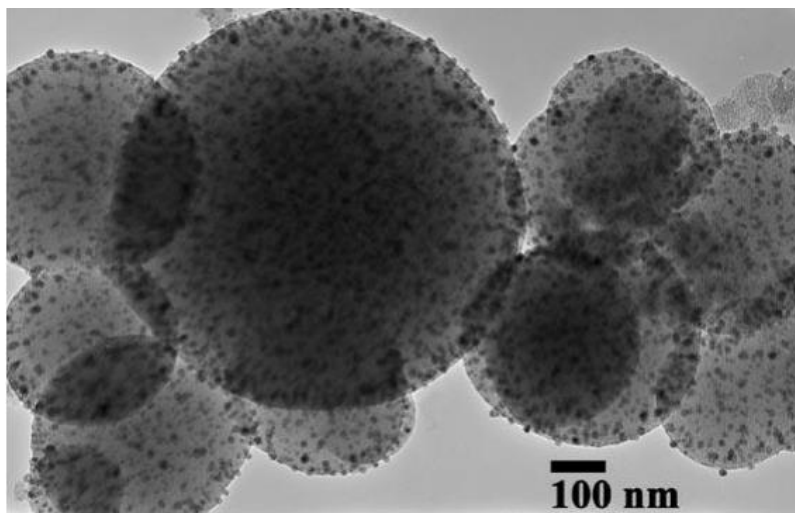


Рисунок 3 – Фотографии микроструктуры поверхности керамических образцов после металлизации (а – обработка образцов в совмещенном растворе; б – добавление стадии акселерации после прямого активирования)

На рис. 4 представлены частицы серебра, которые стабилизированы в матрице желатина.

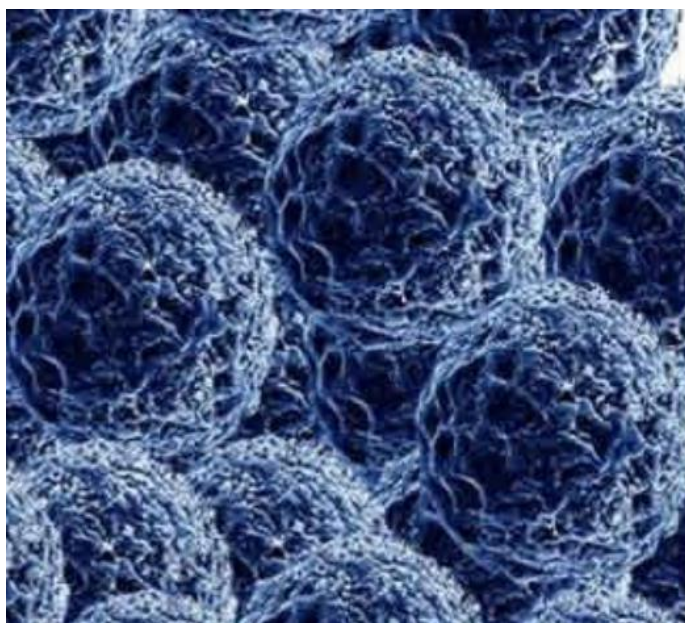


Рисунок. 4. Электронные микрофотографии мелкодисперстных наночастиц серебра, размером ~5 нм на полимерной матрице из желатина.

В качестве примера *физических методов* синтеза можно рассмотреть работу [18], авторы которой наносили слои серебра толщиной 3, 6, 9 и 12 нм на подложки из полиэфирэфиркетона. Это полукристаллический высокотемпературный материал, который отличается высокой устойчивостью к ползучести, деформационной теплостойкостью и химической стойкостью. Перспективы применения данного материала в медицине обусловлены его высокой чистой и отсутствием добавок.

Осаждение проводили с использованием магнетронного распылительного устройства в вакууме при комнатной температуре. Результаты электронной микроскопии показали, что увеличение размера НЧ Ag приводило к росту шероховатости и зернистости, увеличение содержания – к росту компактности. Исследование антибактериальной активности (*S. mutans* или *S. Aureus*) показало, что контрольные образцы не обладают антибактериальными свойствами. Все образцы с осажденным серебром демонстрировали антибактериальную активность выше 99%. Такой результат позволяет расширить перспективы замены медицинских инструментов и имплантов на исследуемый полимер.

Как типичный пример использования *химических методов* можно привести работы по получению наночастиц серебра с PVP и NaBH<sub>4</sub> [19]. В последнее время активно развиваются экологичные способы. Например, в [6] описан способ получения НЧ серебра в биополимере, который синтезировали из гуаровой камеди. Это добавка используется в пищевой промышленности для повышения вязкости. Этот полимер предложено использовать как стабилизатор. Синтез НЧ проводили в водном растворе полимера при pH = 8, который быстро нагревали до 65°C. Затем впрыскивали раствор нитрата серебра при перемешивании и продувке азотом. После охлаждения раствор нейтрализовали, добавляли этанол и отделяли продукт центрифугированием. Исследования морфологии показали сферическую форму НЧ размером ~10 нм. При тестировании против микроорганизмов (*E. coli*, *V. cholerae*, *S. aureus*, *B. pumilus*) биополимер проявлял интенсивную антимикробную активность. Авторы предлагают использовать пленки из композита для упаковки биомедицинских препаратов и пропитки текстиля.

*Третья группа* методов предполагает использование вещества растительного происхождения. Экстракты растений, суспензии из измельченных листьев, зерен и семян представляют собой смеси переменного состава, содержащие полимеры,

олигомеры, низкомолекулярные агенты с функциональными группами, которые могут выполнять функции комплексообразователя, восстановителя и стабилизатора наночастиц.

Например, в работе [ 20 ] представлено описание «зеленого синтеза» с применением листьев фундука, измельчённых жидким азотом и растворённых в воде. Полученный экстракт отфильтровывали, нагревали до полного удаления растворителя, добавляли к раствору  $\text{AgNO}_3$  и выдерживали до изменения цвета с салатого на бурый, что указывало на образование НЧ Ag. С помощью электронной микроскопии было показано, что частицы имеют металлические ядра от 8 до 23 нм в оболочках, состоящих из серебра и, видимо, органических лигандов. Антибактериальная активность НЧ, рассматриваемая на 8-ми штаммах бактерий, была выше, чем у тетрациклина или сравнима с ним.

Главной целью работы [ 21 ], является исследование практических механических свойств и эффективности чистых пленок Ag в качестве бактерицидного покрытия для биомедицинских имплантатов. Целью настоящего исследования было изучение покрытий образцов титана серебром, а затем определение их бактерицидных свойств. Серебро применяли для интрамедуллярных стержней (ИМ-стержни) из-за их использования в случаях травмы, которые имеют самые высокие показатели инфицирования. ИМ-стержни изготавливаются из нержавеющей стали или, в последнее время, из титан-ванадиевого сплава. Испытание на растворение является мерой скорости, с которой серебро растворяется в воде в форме ионов серебра. Исследования показали, что ионная форма серебра ( $\text{Ag}^+$ ) является одним из механизмов, ответственных за бактерицидные свойства серебра. Мы оценили бактерицидные свойства, используя две независимые методики отбора проб - тест на мазке на чашках с твердым агаром и жидкие культуры. Они оценили антимикробную активность в отношении двух разных видов бактерий: золотистый стафилококк (лат. *Staphylococcus aureus* (S.a)) и кишечная палочка (лат. *Escherichia coli* (E.c)). Оба вида также хорошо охарактеризованы модельными системами, используемыми в исследованиях антимикробных препаратов и методов молекулярной биологии, а также представляют два общих фенотипических класса бактерий: грамположительные (S.a) и грамотрицательные (E.c). Что еще более важно, и S.a, и E.c являются распространенными возбудителями

инфекционных заболеваний и остеомиелита.

Эти образцы также подвергали жидкостному и твердому тестированию на культуру *S.a* и *E.c*. Для *S.a* жидкая культура все еще демонстрировала рост, в время как рост на твердой среде уменьшался до <10 колоний на чашку. Опять же, для *E.c* эксперименты по культивированию в жидкой и твердой среде не показали какого-либо роста.

Рост измеряли путем мониторинга OD600 (оптическая плотность измеренной при длине волны 600 нм). Мутность в трубе справа указывает на рост бактерий, в то время как труба слева имеет прозрачный янтарный раствор.

Для оценки способности Ag-покрытий стерилизовать или ингибировать рост бактерий в окружающей среде были выполнены варианты анализа твердой и жидкой культур.

В тесте на жидких культурах активно растущие культуры бактерий не подвергались ничему (контроль), титановой фольге или титановой фольге с серебряным покрытием.

Как видно на рисунке 1.29, фольга с серебряным покрытием не проявляет повышенной антимикробной активности по сравнению с титановой фольгой без покрытия. В обоих случаях зоны ингибирования не наблюдались.

Взятые вместе, результаты показывают, что Ag-покрытия на титановых поверхностях хорошо работают для уменьшения или ингибирования бактериальной адгезии, но не для ингибирования роста, дистального к поверхности. В случае ИМ-стержни в медуллярной полости, ожидается, что в течение продолжительного периода времени (~ 1 месяц) между ИМ-стержни и оставшимся костным мозгом или внутренней поверхностью кости будут промежутки. В этих областях серебряные покрытия на ИМ-стержни не будут выделять достаточное количество ионов серебра для уничтожения бактерий, и инфекция все равно будет происходить.

В работе [22] обсудили механизмы взаимодействия бактерий с различными лекарственными средствами и влияние физико-химических свойств серебра на его бактерицидное действие. На рисунке 1.30 изображено влияние различных параметров на растворение ионов серебра из НЧ Ag в водной биологической среде.

Вероятное действие НЧ Ag может быть объяснено препятствием генерации энергии (АТФ) из-за отделения окислительного фосфорилирования от дыхательного

транспорта электронов. Проникновение в мембраны, ингибирование ферментов дыхательной цепи, снижение функциональности других внутриклеточных компонентов за счет генерирования свободных активных форм кислорода (АФК) и т. д.

Однако поведение Ag (НЧ  $Ag^0/Ag^+$  ионы) в водных биологических средах, в которых проверяется их антимикробная активность, остается неясным. Это также зависит от физико-химических параметров НЧ (размер, форма, кристалличность, покрытие поверхности и т. д.), а также от физических условий среды.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ

### 2.1. Приборы и материал

В работе использовали методики и материалы, указанные в таблице 2.

Таблица 2–Приборы и материалы

Приборы	Реактивы
<ul style="list-style-type: none"><li>• Распылительная сушка Nano Spray Dryer B-90;</li><li>• Весы “Shimadzu” AUY 120 (0,0001)</li><li>• Печь атмосферная LAC VP 20/17</li><li>• Сушильный шкаф SNOL 20/300 LFNEc HC;</li><li>• Рентгеновский дифрактометр SHIMADZU XRD – 7000 X - RAY.</li><li>• Магнитная мешалка MS 3000 Biosan</li><li>• Просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM-2100F</li><li>• Центрифуга Centrifuge 5702 Eppendorf</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Азотнокислый алюминий <math>Al(NO_3)_3 \cdot 6H_2O</math> (ч) ;</li><li>• <math>MgSO_4</math> (хч)</li><li>• Серебро (<math>AgNO_3</math>) (хч)</li><li>• Аммиак водный <math>NH_4OH</math></li><li>• Экстракт березы</li></ul>

### 2.2 Методика получения $Al_2O_3 - MgO$

Методом распылительной сушки  $Al_2O_3 - MgO$  получали с помощью установки Nano Spray Dryer B-90. Схема ее работы представлена на рисунке 5 [23].

В ходе эксперимента использовали следующие параметры сушки: скорость газового потока 104 л/мин, относительная интенсивность распыления – 54 % [24, 25]; внутренняя температура  $T = 70^\circ C$ , внутреннее относительное давление  $P = 2900$  Па (подобраны при выполнении 1 этапа проекта).

Рабочий раствор находится рядом с установкой при комнатной температуре. Нагрев происходит в камере при помощи нагревателя (рисунок 5, д). Процесс сушки происходит внутри распылительного цилиндра. После установления стабильного газового потока, через распылительную головку в распылительный цилиндр поступают капли рабочего раствора. Капли образца высыхают в атмосфере горячего воздуха.

Электрическое поле генерируется, благодаря высокому напряжению между электродом-коллектором и электродом высокого напряжения (рисунок 5, е, ж). В то время как высоковольтный электрод изменяет траекторию частиц (сдвигает в

сторону стенок), электрод-коллектор притягивает их. Таким образом, частицы собираются на внутренней стороне электрода-коллектора частиц.



Рисунок 5 – Установка Nano Spray B-90



Процесс распыления надо останавливать, как только частицы начнут оседать на верхней, стеклянной части камеры (рисунок 5, з). По завершении работы установки нижнюю колбу прибора (рисунок 5, и) отсоединяют от верхней (рисунок 5, з), вытаскивают высоковольтный электрод с помощью специальной сетки и снимают частицы со стенки электрода с помощью специальной лопатки (рисунок 5, к), получая тем самым порошок. Стенки электрода-коллектора необходимо промыть дистиллированной водой и осушить после окончания работы. Если проводится несколько циклов работы установки с одним и тем же раствором, то можно исключить стадию промывки между ними.

Таблица 3 – Некоторые характеристики установки

Размер частиц	300 нм – 5 мкм
Выход продукта	Высокий, до 90%
Скорость испарения (вода)	0.2 кг/час, для органических растворителей выше
Объем образца	1 мл – 200 мл
Осушающий газ	До 10 м <sup>3</sup> /час
Мощность нагрева	1.4 кВт
Максимальная температура на входе	120 °С
Размеры (Ш × В × Г)	58 × 110/150 × 55 см
Вес	65/70 кг
Тип форсунки	Распылительная головка
Принцип сбора частиц	Электростатический коллектор

При подготовке растворов солей алюминия и магния готовили 1 М раствор, выдерживали его в течение суток и затем, путем разбавления водой готовили 0,25, и 0,5 М растворы. Использовали нитрат алюминия, нитрат магния. Все растворы готовили с использованием дистиллированной воды.

Суспензии получали методом обратного осаждения путем добавления солей алюминия и магния в раствор аммиака. Осадители брали в избытке. Осаждение проводили на магнитной мешалке при температуре от 25 до 120 °С.

Полученный порошок оксида алюминия, оксида магния нагревали со

скоростью 12 К/мин. Отжиг порошка осуществляли при температуре 550 °С.

### 2.3. Методика получения $Al_2O_3 - MgO - Ag$

Методика получения  $Al_2O_3 - MgO - Ag$  требует использования магнитной мешалки (magnetic stirrer MS 3000 Biosan) и добавления раствора нитрата серебра С Березой .

Перемешайте раствор на магнитной мешалке в течение часа. После получения хорошо перемешанного раствора выполните операцию центрифугирования на центрифуге в течение 4 минут. Наконец, используйте сушилку для сушки в течение 1-2 часов при 110 °С, чтобы получить порошок.

Таблица 4–Материалы для получения  $Al_2O_3 - MgO - Ag$ :

50 мл	вода
0,15 г	Экстракт березы
0,8 г	шпинель
0,04 г	$AgNO_3$

Таблица 5–Методика получения  $Al_2O_3 - MgO - Ag$ :

Перемешивание на магнитной мешалке	1 час
Центрифугирование	4 минут
Термообработка	1-2 час

### 2.4. Методика РФА анализа композитов

Метод рентгенофазового анализа (РФА) кристаллических веществ является методом физико-химического анализа природных и технических многофазных систем [26].

Метод РФА основан на явлении дифракции рентгеновских лучей на решетке. Если объект представляет собой порошок или мелкозернистый материал с кристаллами различной ориентации, то при взаимодействии с ним монохроматического рентгеновского излучения всегда определяет количество кристаллов, которые попадали в положение «отражения» для каждого типа плоскости. В этом случае максимум дифракции для этого типа плоскости будет наблюдаться под углом. Рентгеновское дифракционное изображение кристалла является по существу деликатным и сложным преобразованием микроструктуры кристалла. Каждая кристаллическая структура соответствует его рентгенограмме, и ее характерная рентгенограмма не будет смешанной изза ее разновидностей. Изменения происходят вместе, что является основой метода рентгенофазового

анализа [27], [28].

Анализ фазового состава керамических порошков выполнялся на рентгеновском дифрактометре XRD-7000 (Shimadzu, Япония).

### **2.5. Методика ПЭМ анализа композитов**

Просвечивающая электронная микроскопия предназначена для проецирования пучка ускоренных и концентрированных электронов на очень тонкий образец. Электроны сталкиваются с атомами в образце, чтобы изменить направление, что приводит к рассеянию на угол. Размер угла рассеяния зависит от плотности и толщины образца, поэтому он может формировать различное светлое и темное изображение [29].

Внутренняя структура материала может быть изучена с помощью просвечивающей электронной микроскопии. Метод визуализации аналогичен оптическому микроскопу, за исключением того, что электроны используются для замены фотонов, а электромагнитные линзы используются для замены стеклянных линз [30].

Исследование размеров частиц  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$  проводилось на просвечивающем электронном микроскопу JEOL (JSM-7500FA, Япония).

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

#### 3.1. Результаты РФА анализа порошков $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$

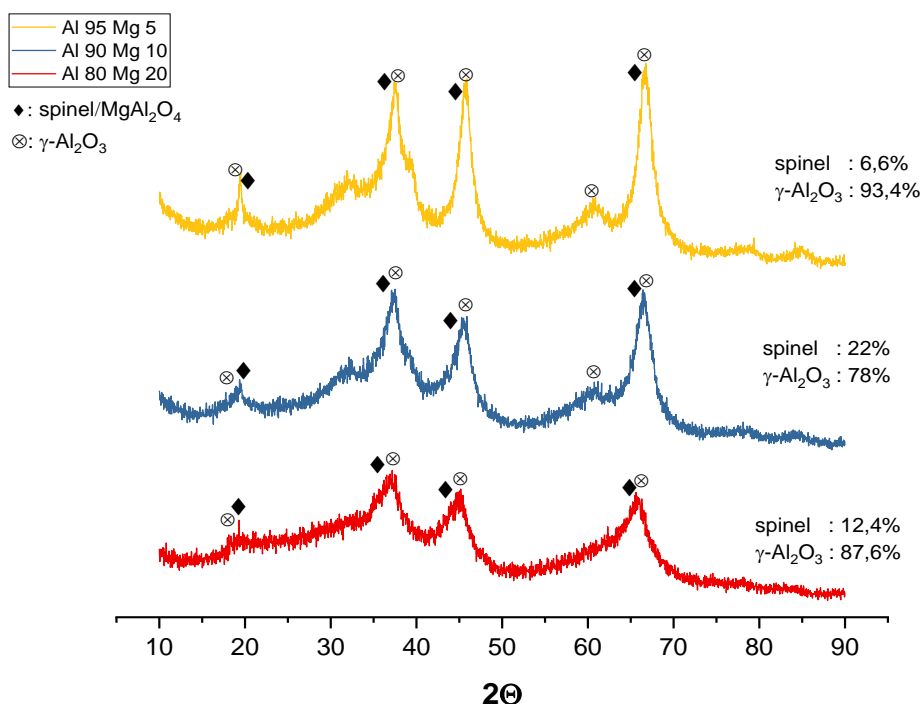


Рисунок 6 – Диффрактограммы  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$  при соотношении в исходной суспензии  $[\text{Al}^{3+}]:[\text{Mg}^{2+}] = 95:5$  (желтая кривая);  $90:10$  – синяя кривая;  $80:20$  – красная кривая.

Согласно диффрактограммам (рисунок 6) рентгеновской дифракции алюмината магния на рисунке 6, мы можем видеть, что максимальное содержание фазы алюмагниевого шпинели наблюдается при соотношении  $[\text{Al}^{3+}]:[\text{Mg}^{2+}] = 90:10$  (таблица 6).

Таблица 6– Фазовый состав и ОКР  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 - \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ , получаемого на установке Nano Spray Dryer с разными соотношением  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 - \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  ( $C_{\text{общ}} = 0,25$  моль/л)

$[\text{Al}^{3+}] : [\text{Mg}^{2+}]$	Фазовый состав	ОКР, нм
95 : 5	$\text{MgAl}_2\text{O}_4$ : 6,6% $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$ : 93,4%	10,12 11,40
90 : 10	$\text{MgAl}_2\text{O}_4$ : 22% $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$ : 78%	10,21 10,09
80 : 20	$\text{MgAl}_2\text{O}_4$ : 12,4% $\gamma - \text{Al}_2\text{O}_3$ : 87,6%	10,13 10,10

Отсутствие прямой зависимости от содержания оксида магния может быть связано с низкой температурой отжига. В нашей работе такая температура является

оптимальной, так как необходимо сохранить большое значение удельной поверхности носителя. Помимо этого, часть сигналов совмещена и определение фазового состава проводится с некоторыми допущениями.

Из таблицы 6, видно, что размеры ОКР одинаковы для всех систем. Это свидетельствует о том, что полученные сферические частицы состоят из кристаллитов нанометрового размера.

Для уточнения данных, полученных с помощью РФА мы сопоставили их с результатами других авторов (таблица 7).

Таблица 7 – Сравнение РФА  $MgAl_2O_4$ , полученных различными авторами

$[Al^{3+}] :$ $[Mg^{2+}]$	Рефлексы	Фаза	Фазовый состав	T, °C	Примечание
95 : 5	$2\theta = 19,49, I = 1531,93$	$MgAl_2O_4, \gamma - Al_2O_3$	$MgAl_2O_4 :$ 6,6% $\gamma - Al_2O_3 :$ 93,4%	550	Образец, полученный в данном исследовании
	$2\theta = 31,92, I = 1535,29$	$\gamma - Al_2O_3$			
	$2\theta = 37,60, I = 1837,65$	$MgAl_2O_4, \gamma - Al_2O_3$			
	$2\theta = 45,81, I = 1863,31$	$MgAl_2O_4, \gamma - Al_2O_3$			
	$2\theta = 60,96, I = 1438,77$	$\gamma - Al_2O_3$			
	$2\theta = 66,66, I = 1895,12 (x)$	$MgAl_2O_4, \gamma - Al_2O_3$			
90 : 10	$2\theta = 19.51, I = 822.13$	$MgAl_2O_4, \gamma - Al_2O_3$	$MgAl_2O_4 :$ 22% $\gamma - Al_2O_3 :$ 78%	550	То же
	$2\theta = 32.19, I = 898.79$	$\gamma - Al_2O_3$			
	$2\theta = 37.43, I = 1128.75$	$MgAl_2O_4, \gamma - Al_2O_3$			
	$2\theta = 45.51, I = 1035.90$	$MgAl_2O_4, \gamma - Al_2O_3$			
	$2\theta = 60.75, I = 809.72$	$\gamma - Al_2O_3$			
	$2\theta = 66.41, I = 1124.43$	$MgAl_2O_4, \gamma - Al_2O_3$			
80 : 20	$2\theta = 19.24, I = 326.05$	$MgAl_2O_4, \gamma - Al_2O_3$	$MgAl_2O_4 :$ 12,4% $\gamma - Al_2O_3 :$ 87,6%	550	То же
	$2\theta = 37.04, I = 507.42$	$MgAl_2O_4, \gamma - Al_2O_3$			
	$2\theta = 44.97, I = 446.96$	$MgAl_2O_4, \gamma - Al_2O_3$			
	$2\theta = 65.72, I = 426.99$	$MgAl_2O_4, \gamma - Al_2O_3$			
$Al_2O_3 /$ $MgO = 1,8$	$2\theta = 37.04, I = x$	$MgAl_2O_4$	$MgAl_2O_4$ 100 %	1700 °C	[31]
	$2\theta = 65.72, I = 0.5 x$	$MgAl_2O_4$			
	$2\theta = 19,49, I = 0.1 x$	$MgAl_2O_4$			
	$2\theta = 32.19, I = 0.4x$	$MgAl_2O_4$			
	$2\theta = 44.97, I = 0.6x$	$MgAl_2O_4$			
	$2\theta = 60.75, I = 0.5x$	$MgAl_2O_4$			
$Al_2O_3 /$ $MgO =$ $0,67$	$2\theta = 44.97, I = x$	$MgAl_2O_4$	$MgAl_2O_4$ 100 %	1700 °C	
	$2\theta = 37.04, I = 0.85x$	$MgAl_2O_4$			
	$2\theta = 19,49, I = 0.2x$	$MgAl_2O_4$			
	$2\theta = 32.19, I = 0.3x$	$MgAl_2O_4$			
	$2\theta = 60.75, I = 0.5x$	$MgAl_2O_4$			
	$2\theta = 65.72, I = 0.4 x$	$MgAl_2O_4$			
$Al_2O_3 /$ $MgO = 2:1$	$2\theta = 11.84, I = x$	$MgAl_2O_4$ (гидрат)	-	140 °C	[32]
	$2\theta = 14.20, I = 0.8x$	$AlOOH$			
	$2\theta = 22.0, I = 0.1x$	$MgAl_2O_4$ (гидрат)			
	$2\theta = 23.8, I = 0.4x$	$MgAl_2O_4$ (гидрат)			

[Al <sup>3+</sup> ]: [Mg <sup>2+</sup> ]	Рефлексы	Фаза	Фазовый состав	T, °C	Примечание
	2θ = 27.6, I = 0.6x	AlOOH			
	2θ = 37.5, I = 0.5x	AlOOH			
	2θ = 49.5, I = 0.55x	AlOOH			
	2θ = 11.84, I = x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)	-	150 °C	
	2θ = 14.20, I = 0.8x	AlOOH			
	2θ = 22.0, I = 0.1x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)			
	2θ = 23.8, I = 0.4x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)			
	2θ = 27.6, I = 0.6x	AlOOH			
	2θ = 37.5, I = 0.5x	AlOOH			
	2θ = 49.5, I = 0.55x	AlOOH			
	2θ = 11.84, I = x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)			
	2θ = 14.20, I = 0.8x	AlOOH			
	2θ = 22.0, I = 0.1x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)	-	160 °C	
	2θ = 23.8, I = 0.4x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)			
	2θ = 27.6, I = 0.6x	AlOOH			
	2θ = 37.5, I = 0.5x	AlOOH			
	2θ = 49.5, I = 0.55x	AlOOH			
	2θ = 11.84, I = x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)			
	2θ = 14.20, I = 0.8x	AlOOH			
	2θ = 22.0, I = 0.1x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)			
	2θ = 23.8, I = 0.4x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)			
	2θ = 27.6, I = 0.6x	AlOOH	-	170 °C	
	2θ = 37.5, I = 0.5x	AlOOH			
	2θ = 49.5, I = 0.55x	AlOOH			
	2θ = 11.84, I = x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)			
	2θ = 14.20, I = 0.8x	AlOOH			
	2θ = 22.0, I = 0.1x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)			
	2θ = 23.8, I = 0.4x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)			
	2θ = 27.6, I = 0.6x	AlOOH			
	2θ = 37.5, I = 0.5x	AlOOH			
2θ = 49.5, I = 0.55x	AlOOH	-	180 °C		
2θ = 33.5, I = x	MgCO <sub>3</sub>				
2θ = 11.84, I = 0.9x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)				
2θ = 14.20, I = 0.7x	AlOOH				
2θ = 23.8, I = 0.45x	MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (гидрат)				
2θ = 27.6, I = 0.5x	AlOOH				
2θ = 37.5, I = 0.45x	AlOOH				
2θ = 43.6, I = 0.55x	MgCO <sub>3</sub>				
2θ = 49.5, I = 0.5x	AlOOH				

Из таблицы 7, видно, Когда соотношение иона алюминия к иону магния составляет 95: 5, 90:10, 80:20, пики дифракционной рентгенограммы алюмината магния примерно одинаковы. Все они имеют одинаковые сигналы, например 2θ = 19,49. I = 1531,93; 2θ = 37,60 I = 1837,65  
2θ = 45,81 I = 1863,31. Видно, что соотношение ионов алюминия и магния мало влияет на силу их сигнала. Когда 2θ = 19,49, они оба имеют двефазы, (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и γ - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Разницу можно найти из данных других авторов в таблице. При соотношении содержания глинозема к содержанию оксида магния 1,8 и 0,67 соотношение между

их углом и прочностью составляет:  $2\Theta = 19,49$ ,  $I = 0,1$  х,  $2\Theta = 19,49$ ,  $I = 0,2$ х. Видно, что разные соотношения влияют на интенсивность сигнала.

Для работы [28] видно, что температура мало влияет на рентгенограмму. Когда температура составляет  $140\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $150\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $160\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $170\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $180\text{ }^\circ\text{C}$ , обнаруженные фазы в основном одинаковы.

Для количественного сравнения мы пересчитали значения интенсивностей в относительные единицы. Однако, так как соотношения алюминия и магния отличаются от наших, сопоставление провести достаточно сложно. Тем не менее интенсивности основных рефлексов сопоставимы с порошком, полученным в [27], который был обожжен при более высокой температуре. Низкотемпературных фаз, представленных в [28] в нашем образце не обнаружено.

### 3.2. Результаты ПЭМ порошков

Мы получили следующие три изображения  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$  с помощью электронного микроскопа и использовали программное обеспечение ogingin для построения трех статистических графиков размера частиц и объемной доли в различных пропорциях.

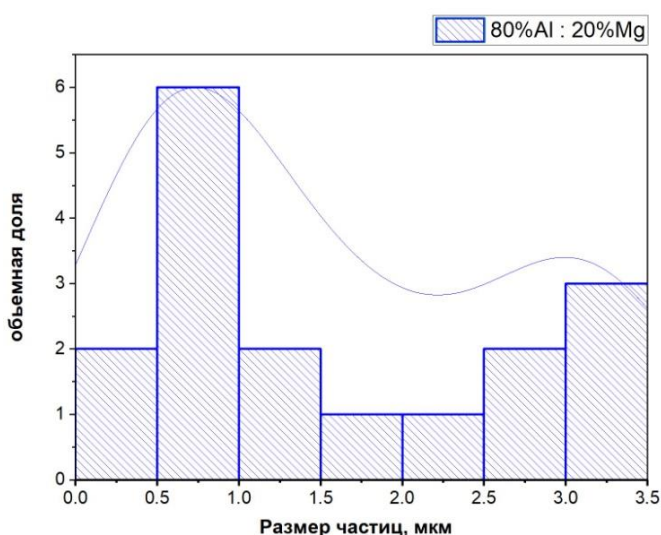


Рис.7. Распределение частиц по размерам при соотношении  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO} = 80:20$

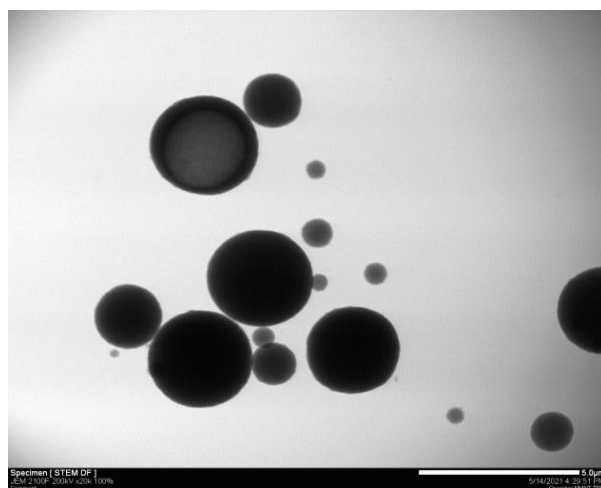


Рис.10.ПЭМ-изображение частиц  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO}$  при соотношении 80:20

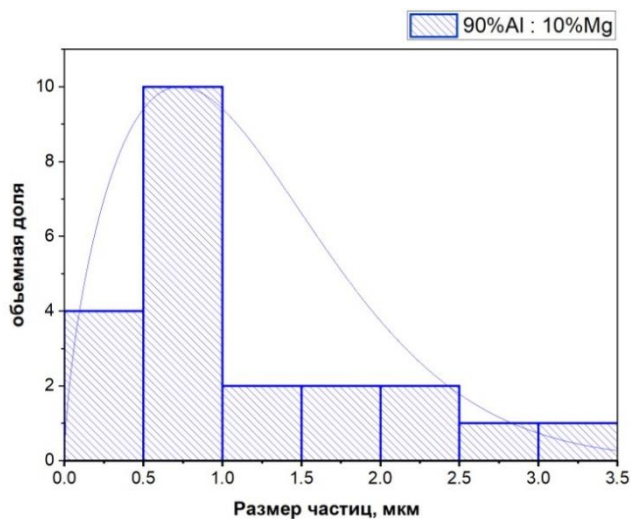


Рис.8. Распределение частиц по размерам при соотношении  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--MgO} = 90:10$

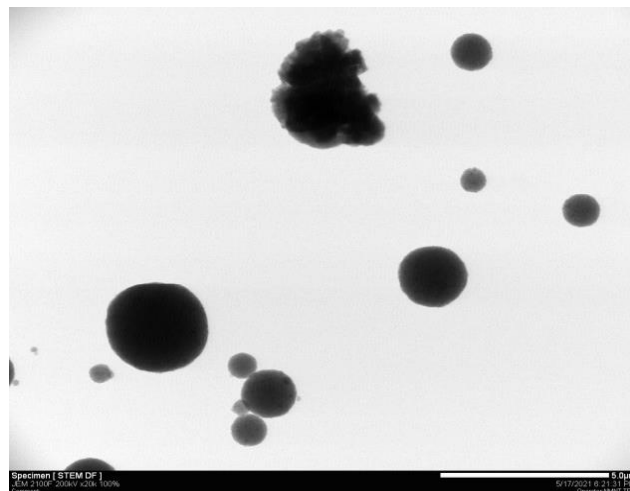


Рис.11.ПЭМ-изображение частиц  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--MgO}$  при соотношении 90:10

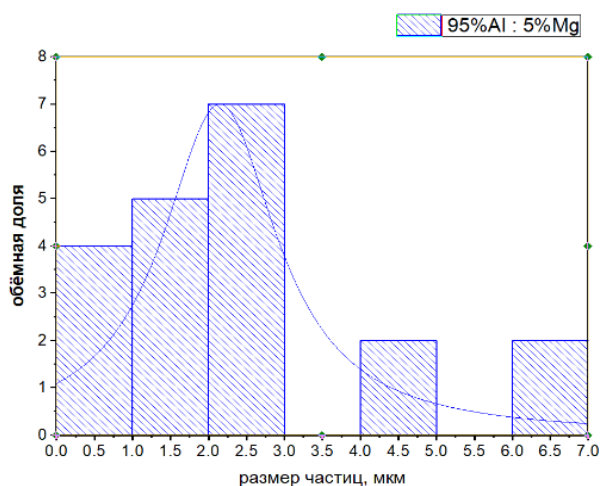


Рис.9. Распределение частиц по размерам при соотношении  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--MgO} = 95:5$

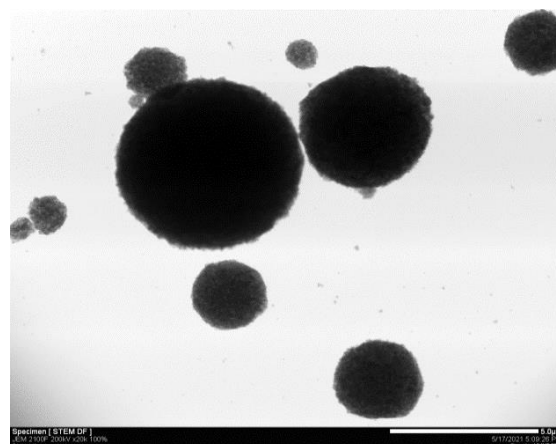


Рис.12.ПЭМ-изображение частиц  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--MgO}$  при соотношении 95:5

Из рисунков 7 и 12 видно, что при отношении иона алюминия к иону магния - 80:20 размер полученных частиц в основном распределяется в двух диапазонах, 0,70 мкм и 3,0 мкм;

- 90:10 размер получаемых частиц составляет в основном 0,75 мкм;

95: 5, размер полученных частиц имеет нормальное распределение, и размер частиц составляет в основном 2,0 мкм.

Можно заметить, что чем выше содержание ионов алюминия, тем больше



средний размер частиц. Наиболее оптимальный размер и форма частиц наблюдается при соотношении алюминия к магнию 90:10. Для этих частиц наблюдается минимальный размер сфер и относительно узкое распределение по размеру.

### 3.3. Результаты испытаний композита $Al_2O_3 - MgO - Ag$ в среде пектиновых гелей

На полученные сферы  $Al_2O_3 - MgO$  мы осаждали серебро из растворов, содержащих нитрат серебра и экстракт березы в качестве стабилизатора. В идеальном случае, нам необходима система  $Al_2O_3 - MgO - Ag_2O - Ag$ . Именно она может обеспечить пролонгированное действие препарата, так как оксид серебра диспропорционирует с образованием элементарного серебра. Это условие и должен обеспечить оксид магния.

Испытания полученных частиц на антибактериальную активность проводили в среде пектиновых гелей. Такой подход позволит нам на первом этапе оценки антибактериальной активности использовать модельную безопасную систему.

Яблочный пектин – натуральное вещество, содержащееся в яблоках. Именно благодаря ему мякоть плодов долгое время сохраняется твердой.

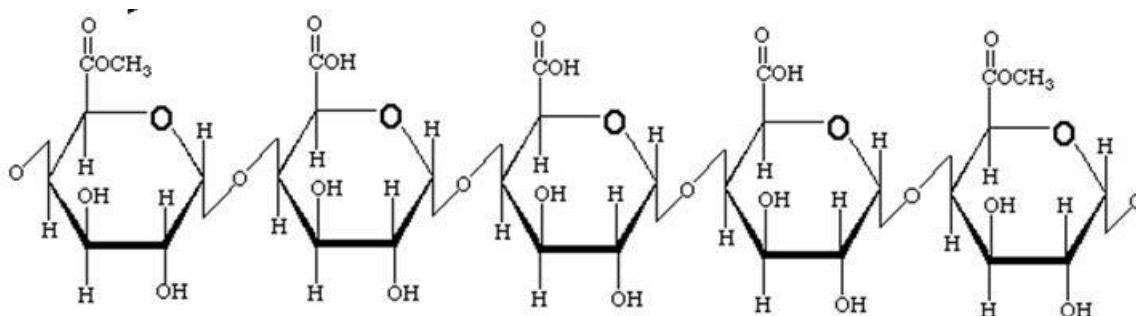


Рисунок 13 – Формула пектина

Для эксперимента был выбран пектин с концентрацией 10 %. В пеницилинке приготовили гель с пектином, добавили частицы  $Al_2O_3-MgO/Ag$  и оставили до появления первого плесени.

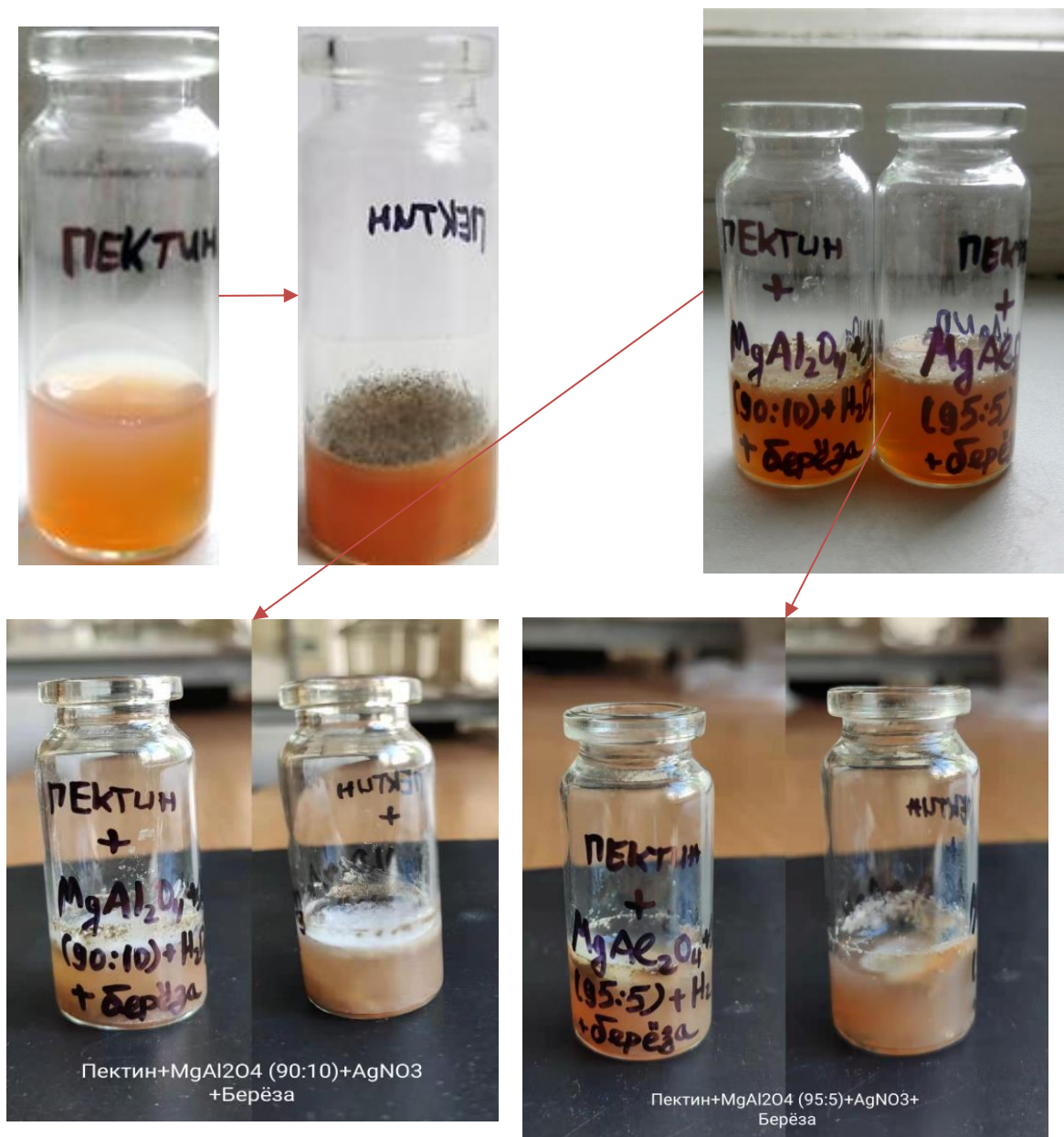


Рисунок 14 – Пектиновые растворы, содержащие частицы на основе  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO/Ag}$  до и после образования плесени.

Частицы с серебром предотвращают образование плесени в течении 5 суток.  
 Таким образом разработанные системы показали свою эффективность в качестве противогрибковых препаратов.

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

### **4.1. Общая информация**

Целью настоящей работы является научно-исследовательский работа была разработана нанокompозита  $MgAl_2O_4 - Ag$  с использованием установки распылительной сушки.

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 покрытиях различного состава. Основные критерии сегментирования потребителей на рынке разработок порошковых материалов различного состава:

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

Представим характеристику выбранных компаний потребителей нашей разработки.

Компания «Baoding Zhongbo Trading Co., Ltd.» находится КНР, Комплексная торговая компания, которая производит, разрабатывает и продает высококачественные лабораторные материалы. Специализируясь на индивидуальном производстве всех видов дефицитных материалов на рынке.

Компания «Zhongke Leiming (Пекин) Technology Co., Ltd.», находится в Пекин, В основном занимается исследованиями, разработками и производством наноматериалов и функциональных микросфер, био-наноматериалов и наномедицинских технологий, инструментов и т. Д.

На основании представленных критериев построим карту сегментирования рынка разработок порошковых материалов различного состава (рис. 1).

		Виды порошковых материалов			
		Материалы состава	Интернет-каталог	Интернет-магазин	Информационный портал
Размер кампании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				

Рисунок – 4.1.1 Карта сегментирования рынка разработок порошковых материалов различного состава



-Фирма А Baoding Zhongbo Trading Co., Ltd.



-Фирма В Zhongke Leiming (Пекин) Technology Co., Ltd.

В процесс исследования рассматривались две конкурирующие разработки:

Изучение фаз, образованных наноалюмино-магниево-шпинелью при различных соотношениях и разных температурах.

Изучение влияния размера наночастиц серебра на характеристики шпинели.

В таблице 3 представлено сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Актуальность исследования	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
2. Энергоэкономичность	0,09	5	4	3	0,6	0,38	0,42
3. Точность измерительного прибора	0,13	4	5	3	0,82	0,54	0,54
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

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
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
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
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
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>41</b>	<b>37</b>	<b>4,49</b>	<b>3,67</b>	<b>3,87</b>

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

#### 4.3. SWOT-анализ

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

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b>
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии С2. По сравнению с методом приготовления результаты исследований очень точны. С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта. С4. Экологичность технологии.	Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения эксперимента. Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования. Сл3. Дополнительная информация о поиске каналов

		Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.
<b>Возможности</b> В1. Появление дополнительного спроса на полученные результаты исследования в учебной сфере. В2. Появление потенциального спроса на новые разработки в дальнейшие технологии материаловедения. В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области. В4. Повышение стоимости конкурентных разработок		
<b>Угрозы</b> У1. Отсутствие спроса на новые результаты исследования в частных предприятиях. У2. Отсутствие спроса на новые результаты исследования в частных предприятиях.		

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 5–6.

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	-	-	-	-
	B2	-	+	+	-
	B3	-	+	-	+
	B4	+	+	-	-

Таблица 6 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b> С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Высокие точные результаты исследования по	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b> Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения эксперимента Сл2. Долгое время подготовки образца,
--	---	---

	<p>сравнению с другими программами.</p> <p>С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.</p> <p>С4. Экологичность технологии</p>	<p>используемого при проведении научного исследования..</p> <p>Сл3. Дополнительная информация о поиске каналов</p> <p>Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Появление дополнительного спроса на полученные результаты исследования в учебной сфере..</p> <p>В2. Появление потенциального спроса на новые разработки в дальнейшие технологии материаловедения.</p> <p>В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области.</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>В2С2С3. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции позволяет расширить спрос, использование новейшей информации и технологий соответствует потенциальному спросу на новые разработки.</p> <p>В3С2С4. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии и перспективный способ изучения соответствуют потенциальному спросу в дальнейшие технологии материаловедения. и внедрению технологии в аэрокосмической области.</p>	<p>В1Сл3Сл4. Внедрение технологии в аэрокосмической области требует долгого времени к подготовке моделирования</p>
<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые результаты исследования в частных предприятиях..</p> <p>У2. Отсутствие спроса на новые результаты исследования в частных предприятиях.</p>	<p>У1С2. Более точные результаты исследования по сравнению с другими технологиями и более свежие результаты по сравнению с зарубежными аналогами</p>	<p>У1Сл4. Из-за сложности подготовки и больших ошибок, которые могут быть вызваны различными операциями, эксперимент имеет большие ошибки и неточности.</p>

SWOT-анализа позволил определить факторы отрицательно влияющие на продвижение разработки на рынок. К таким факторам относятся:

- 1) Невысокие объемы производства
- 2) Вероятность получения брака
- 3) Большой срок поставок материала, используемого при проведении научного исследования

Отрицательное влияние факторов возможно устранить с помощью внедрения и уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

#### 4.4. Планирование научно-исследовательских работ

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 7.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель
	3	Проведение патентных исследований	Исполнитель
	4	Выбор направления исследований.	Исполнитель
	5	Календарное планирование работ по теме.	Исполнитель
Теоретические исследования	6	Изучение исходных образцов	Исполнитель
	7	Подготовка порошки	Исполнитель
	8	Подготовка образцов	Исполнитель
Экспериментальные исследования	9	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Исполнитель
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Исполнитель
	11	Определение целесообразности	Исполнитель
	12	Определение процесса	Исполнитель



#### 4.5. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

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

Для оценки трудоемкости проводимых работ представим расчет показателей: трудоемкость, продолжительность одной работы, календарный коэффициент

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

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (4.5.1)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} \quad (4.5.2)$$

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

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

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

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

$$T_{\text{кл.инж}} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.5.3)$$

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

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

$k_{кал}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.5.4)$$

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

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 8.

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож\ i}$ , 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		4		2.2		2,2	3
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	1	4	4	2.2	2.2	2.2	3
3. Обзор научной литературы		4		10	0	6.4	6.4	10
4. Выбор методов исследования		8		14	0	10.4	10.4	15
5. Планирование эксперимента		10		18	0	13.2	13.2	19
6. Проведение эксперимента		6		14	0	9.2	9.2	14
7. Анализ полученных результатов НИР		4		8	0	5.6	5.6	8

8. Оценка эффективности результатов		4		8	0	5.6	5,6	8
9. Составление пояснительной записки		6		14	0	9.2	9.2	14
10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение		4		10		6.4	6.4	9
11. Социальная ответственность		8		10		9	9	13
<b>Итог</b>	2	61	8	120	2.2	84.6	84,6	116

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

На основе таблицы 8 составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 9).

Таблица 9 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T <sub>Ki</sub> , 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	Научный руководитель	3													
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Студент-инженер, научный руководитель	3													
3	Обзор научной литературы	Студент-инженер	10													
4	Выбор методов исследования	Студент-инженер	15													
5	Планирование эксперимента	Студент-инженер, научный руководитель	19													
6	Проведение эксперимента	Студент-инженер	14													
7	Анализ полученных результатов НИР	Студент-инженер	8													

№	Вид работ	Исп	T <sub>Ki</sub> кал. дн.	Продолжительность работ														
				февр			март			апр			май					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
8	Оценка эффективности результатов	Научный руководитель	8															
9	Составление пояснительной записки	Студент-инженер	14															
10	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Студент-инженер	9															
11	Социальная ответственность	Студент-инженер	13															

Примечание:

||||| – Исп 1 (научный руководитель)

▒▒▒ – Исп 2 (студент-инженер)

#### 4.6. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Представим расчет потребности в материалах на НТИ в таблице в таблице 10.

Таблица 10 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	4	1 200
Картридж для лазерного принтера	3490	1	3 490
Итого:			4690

Представим расчет потребности в оборудование для научных (экспериментальных) работ в таблице 11.

Наименование оборудования	Ц <sub>об</sub> (тыс. руб)	F <sub>д</sub> (год)	t <sub>рф</sub> (дн)	C <sub>ам</sub> (руб)
ультразвуковой генератор	10	5	3	16,44
Атмосферная печь	1950	10	19	10150,68
Nano-spray dryer B-90	1980	10	40	21698,63

сушильные шкафы	88,101	6	3	120,67
<b>Итого:</b>	<b>4028,101</b>			<b>31986,42</b>

Представим расчет потребности в трудовых ресурсах для научных (экспериментальных) работ в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет основной заработной платы исполнителей научных (экспериментальных) работ

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}, руб$	$Z_{дн}, руб$	$T_{р}, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2124	19,33	41057
Инженер	9893	0,3	0,2	1,3	19291	799	79,06	63168,94
Итого:								104225,94

Отметим, что величину расходов по заработной плате определили с учетом трудоемкости выполняемых работ. В состав основной заработной платы включается оплата по окладу, премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 30 % от оклада, работников, непосредственно занятых выполнением НИИ

Расчеты были проведены по формулам:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) одного работника рассчитывали по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{р},$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_{р}$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

1. Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн1} = \frac{Z_{м} \times M}{F_{д}} = \frac{51285 \times 10,3}{246} = 2147,90 \text{руб}$$

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

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

2. Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн2}} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{19291 \times 11,2}{213} = 1014,36 \text{ руб}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{m1} = Z_{mc1} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \times k_p = 26300 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 =$$

51285 руб

– для инженера:

$$Z_{m2} = Z_{mc2} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \times k_p = 9893 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 19291 \text{ ру}$$

где  $Z_{mc}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_p$  – районный коэффициент, равен 30% (для г. Томска).

Таблица 13 – Баланс рабочего времени исполнителей

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

Представим расчет дополнительной заработной платы исполнителей темы.

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{доп1}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}} = 0,15 \times 41057 = 6158,55 \text{руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{\text{доп2}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}} = 0,15 \times 63168,94 = 9475,34 \text{ руб,}$$

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

Представим расчет отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{внеб1} = k_{внеб} \times (З_{осн1} + З_{доп1}) = 0,3 \times (41057 + 6158,55) = 14164,67 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$З_{внеб2} = k_{внеб} \times (З_{осн1} + З_{доп1}) = 0,3 \times (63168,94 + 9475,34) =$$

21793,28 руб

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

#### 4.7. Бюджетная стоимость НИР

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 14.

Таблица 14 – Группировка затрат по статьям

Статьи	Затраты, руб.
Сырье, материалы	703192,56
Оборудование	31986,42
Основная заработная плата	104225,94
Дополнительная заработная плата	15633,891
Отчисления на социальные нужды	35957,95
Накладные расходы	154186,78
<b>Итого</b>	<b>1045183,54</b>

#### 4.8. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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

Таблица 4.10 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	4	4
2. Стабильность работы	0,2	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	3	4
4. Механические свойства	0,3	5	4	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	4	5
ИТОГО	1	4,65	3,8	4,05

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,65;$$

$$I_{p2} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,80;$$

$$I_{p3} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 = 4,05.$$

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

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

$$I_{исп.1} = \frac{4,65}{0,90} = 5,18, \quad I_{исп.2} = \frac{3,8}{0,91} = 4,18, \quad I_{исп.3} = \frac{4,05}{1} = 4,05.$$

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.



## **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 – 216 дней; общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер, – 107; общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель, – 47;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 1045183.54 руб;

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

1) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,80 и 4,05;

2) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5.18, по сравнению с 4.18 и 4.05, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## **5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **5.1 Введение**

Научно-исследовательская работа была выполнена в Научно-образовательном инновационном центре «Наноматериалы и нанотехнологии», ТПУ. Рабочей зоной являлось помещение лаборатории площадью 12 м<sup>2</sup>, включающее персональный компьютер, магнитная мешалка, сушильный шкаф ШС-80-01 СПУ, вытяжной шкаф, а также шкаф для хранения лабораторной посуды и органических веществ.

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

Специальные правовые нормы трудового законодательства. Все работники и руководитель в соответствии с Постановлением Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. N 1/29 [33] обязаны проходить обучение по охране труда и проверку знания требований охраны труда для обеспечения профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Исследование подразумевает взаимодействие с химически опасными веществами, такие условия труда относятся к вредным условиям. Регулирование рабочих процессов, выплат и предоставления дополнительных льгот работникам, занятым на вредных производствах, осуществляется статьями 219, 92, 117, 147 ТК РФ [34]. В частности, в соответствии с требованиями, изложенными в ст.147 ТК РФ, в 2017 году сотрудники обладают правом на получение доплат за труд во вредных условиях.

Правом работодателя является увеличение оговоренного в законе процента доплаты с учетом тяжести и вредности условий, в которых сотрудник выполняет свои трудовые функции. Конкретизация размеров подобных надбавок подлежит закреплению в специальных документах, подобных:

- индивидуальным трудовым договорам;
- коллективным договорам;
- локальным нормативным актам.

Кроме денежных выплат, специалисты, выполняющие трудовые функции под воздействием вредных факторов, вправе требовать:

- сокращения рабочей недели до 36 часов;
- предоставления ежегодного дополнительного отпуска на срок от 7 дней.

Компоновка рабочего места. Характер основной работы при выполнении ВКР предполагал оборудование рабочего места для проведения работ стоя. Согласно ГОСТ 12.2.033-78 [35] рабочее место для выполнения работ стоя организуется в случае, когда выполняемая физическая работа является средней тяжести или тяжелой, а также в случае превышения величины рабочей зоны для сидячего рабочего места. Конструкция и взаимное расположение элементов на рабочем месте должны соответствовать характеру выполняемой работы, физиологическим и психологическим требованиям, а также обеспечивать удобство при работе (соответствовать антропометрии работника).

В ГОСТ 12.2.033-78 установлены следующие требования для рабочего места стоя:

- рабочее место должно обеспечивать выполнение всех операций в пределах зоны досягаемости моторного поля;
- при проектировании рабочего места следует учитывать антропометрические показатели работников в зависимости от их пола или устанавливать средние показатели при работе на этом месте персонала обоих полов;
- организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела, работающего или его наклон вперед не более чем на 15°;
- конструкция рабочего места должно обеспечивать оптимальное положение рабочего относительно рабочей поверхности, за счет регулируемой высоты рабочей поверхности или подставок для ног.

Так же ГОСТ 12.2.033-78 установлены требования к расположению на рабочем месте органов управления и средств отображения информации для более продуктивного выполнения операций, снижения травмоопасности и комфортной работы.

Оборудование, используемое на рабочем месте, должно быть максимально эргономичным.

### **5.3 Производственная безопасность**

Работа в данной лаборатории и оборудованием на ее базе связана с некоторыми вредными и опасными производственными факторами, подробное описание которых представлено далее. Вредные и опасные производственные

факторы были определены из ГОСТ 12.0.003-2015 [15<sup>36</sup>] (Опасные и вредные производственные факторы. Классификация).

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды, представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб отка	Изгото вление	Эксплу атация	
1. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.	+	+	-	СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4 [18]
2. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	-	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [19]
3. Химически вредные вещества в воздухе рабочей зоны.	-	+	-	ГОСТ 12.1.005-88 [4]
4. Механические опасности	-	+	-	ГОСТ ISO 12100-2013 [13]
5. Термические опасности	-	+	-	
6. Электробезопасность	+	+	-	ГОСТ Р 12.1.019-2009 [12] ГОСТ 12.2.007.0-75 [3]
7. Пожаробезопасность	+	+	-	Приложение №3 к приказу ректора ТПУ №52/од от 21.06.2013 [20]

#### 5.4 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 [37].

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 [33] работа при проведении исследований относится к категории IIa, 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 °С, 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 [38].

При комбинированном освещении для офисных помещений в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [19] 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  $MgAl_2O_4$  и порошок Ag. Металлический порошок  $MgAl_2O_4$  и порошок Ag 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.

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 [39], ГОСТ 12.4.299-2015 [40].

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 .

#### **5.4.1 Анализ показателей микроклимата**

В зависимости от серьезности физики работа инженера-химика относится к категории легких работ. В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены параметры микроклимата согласно требованиям и приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Требования к микроклимату помещения для категории работ «Легкая Ia»

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
	оптимальная	допустимая				оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных, не более	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных
		верхняя граница		нижняя граница					
		на рабочих местах							
	постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных					
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	Не более 0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	55 (при 28°С)	0,1	0,1-0,2

Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01 устанавливают, что на одного рабочего должно приходиться 4,5 м<sup>2</sup> площади помещения и 20 м<sup>3</sup> объема воздуха.

Помещение лаборатории имеет следующие параметры:

длина помещения - 8 м; ширина - 6 м; высота - 3 м.

Исходя из этих параметров, площадь данного помещения составляет:

$$S = 6 \cdot 8 = 48 \text{ м}^2; \text{ объем: } V = 8 \cdot 6 \cdot 3 = 144 \text{ м}^3.$$

В лаборатории работает 4 человек. Это удовлетворяет санитарным нормам.

#### 5.4.2 Анализ уровня шума на рабочем месте

Шум является одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов. Люди, работающие в условиях повышенного шума, жалуются на быструю утомляемость, головную боль, бессонницу. У человека ослабляется внимание, страдает память. Все это приводит к снижению производительности труда. Шум на рабочих местах создается работающим оборудованием, а также проникает извне.

Настоящий стандарт (ГОСТ 12.1.028) распространяется на машины, технологическое оборудование и другие источники шума, которые создают в воздушной среде все виды шумов по ГОСТ 12.1.003-83.

Для оценки шума используют частотный спектр измеряемого уровня звукового давления, выраженного в дБ, в октавных полосах частот, который сравнивают с предельным спектром, приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

#### 5.4.3 Анализ освещенность рабочей зоны

Нормы освещения научно-технических лабораторий, в том числе физических, стилометрических, спектрографических и т. п., по представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения научно-технических лабораторий

Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение КЕО $e_n$ , %		Совмещенное освещение КЕО $e_n$ , %		Искусственное освещение				
	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	Освещенность, лк		Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации и освещенности, КЕО $e_n$ , %, не более	
					при комбинированном освещении	при общем освещении			
					все го	от общего			
Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	40	10

Искусственное освещение осуществляется с использованием газоразрядных люминесцентных ламп низкого давления типа ЛБ-40, в количестве 9 светильников в каждом по 3 лампы. Выбрать ту таблицу, которая подходит по категории – IV, или V, или VI

Нормы разных видов освещения для промышленных помещений со



зрительными работами четвертого разряда [СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* (дата введения: 08.05.2017)] представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий (для категории IVГ)

Искусственное освещение				
Освещенность, лк		Сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта UGR и коэффициента пульсации		
при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения	UGR, не более	Кп, %, не более
Всего	В том числе от общего			
-	-	200	25	20

Таблица 5.6 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий (для категории VГ)

Искусственное освещение				
Освещенность, лк		Сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта UGR и коэффициента пульсации		
при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения	UGR, не более	Кп, %, не более
Всего	В том числе от общего			
-	-	200	25	20

Таблица 5.7 – Требования к освещению помещений промышленных предприятий (для категории VI)

Искусственное освещение				
Освещенность, лк		Сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта UGR и коэффициента пульсации		
при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения	UGR, не более	Кп, %, не более
Всего	В том числе от общего			
-	-	200	25	20

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. Расчет освещения производится согласно методическим указаниям [41].

Помещение имеет размеры:

- 1) Длина  $A = 8$  м;
- 2) Ширина  $B = 6$  м;
- 3) Высота  $H = 3$  м.

Площадь помещения таким образом составит:

$$8 \cdot 6 = 48\text{м}^2$$

Освещенность в помещении рассчитывается по формуле 5.1.

$$E = E_0 \cdot K, \quad (5.1)$$

где  $E_0$  – рекомендуемая освещенность, лк;

$K$  – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,3.

Таким образом, освещенность в помещении:

$$E = 200 \cdot 1,3 = 260 \text{ лк.}$$

Уровень от рабочей поверхности до потолка рассчитывается по формуле 5.2.

$$h = H - h_p, \quad (5.2)$$

где  $h_p$  – высота рабочей поверхности, м.

$$h = 3 - 0,9 = 2,1\text{м}$$

Расчетная длина между двумя рядами светильников рассчитывается по формуле 5.3. Соответствующее число рядов светильников ( $n$ ) находится как отношение ширины помещения к расчетной длине между светильниками.

$$L = g \cdot h, \quad (5.3)$$

где  $g$  – оптимальное соотношение световых потоков (для выбранного типа ламп ЛБ-40 составляет 1,3).

$$L = 1,3 \cdot 2,1 = 2,73\text{м}$$

$$n = \frac{6}{2,73} = 2,2$$

Принимаем число рядов равным двум. Индекс освещения рассчитывается по формуле 5.4 и составляет:

$$i = \frac{s}{(A+B) \cdot n} = \frac{48}{(6+8) \cdot 2} = 1.71 \quad (5.4)$$

Коэффициент использования потока может быть рассчитан по формуле 5.5.

$$\eta = 0,5 \cdot (q_n + q_c), \quad (5.5)$$

где  $q_n$  – коэффициент отражения светового потока от потолка (0,7);

$q_c$  – коэффициент отражения светового потока от стен (0,7).

$$\eta = 0,5 \cdot (0,7 + 0,7) = 0,7.$$

Необходимое число светильников в ряду находится по формуле 5.6.

$$N = \frac{E \cdot S \cdot Z}{n \cdot F \cdot \eta \cdot \gamma}, \quad (5.6)$$

где  $Z$  – коэффициент непрерывности, равный 1,1;

$F$  – световой поток светильника, лм;

$\gamma$  – коэффициент затемнения, равный 1.

В светильнике две лампы, световой поток каждой равен 2480 лм, соответственно световой поток светильника в два раза больше и составляет 4960 лм.

$$N = \frac{260 \cdot 84 \cdot 1,1}{2 \cdot 4960 \cdot 0,7 \cdot 1} = 3,46.$$

Примем число светильников равным 2.

При длине светильника 1,27 м, их общая длина составляет:

$$1,27 \cdot 2 = 2,54\text{м}$$

Расстояние между светильниками при этом составит:

$$\frac{8 - 2,54}{2 + 1} = 1,82$$

Схема расположения светильников представлена на рисунке 5.1.

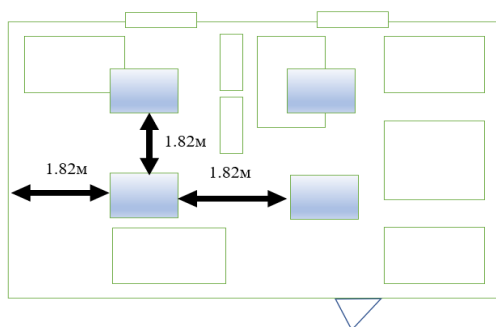


Рисунок 5.1 – Схема расположения светильников.

Способ размещения светильников в лаборатории - симметричный, это

обеспечивает равномерное освещение оборудования и рабочих мест.

Освещение лаборатории является наиболее важным фактором, влияющим на производительность труда работников. Увеличение освещения помогает создать хорошие визуальные условия, недостаточное освещение вызывает утомление глаз работников и влияет на эффективность работы, кроме того, слишком низкая интенсивность освещения лаборатории также вызывает близорукость.

## **5.5 Анализ опасных производственных факторов**

*Механические опасности.* Основным источником механической опасности в рабочей зоне является гидравлический пресс IP-500М 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 [ 42 ] 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 [43].

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

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/Р310. Данная печь способна нагреваться до температуры 3000 °С. 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 .

Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009 [ 44 ] 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 [40] 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 [45]. 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 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.

### **5.6 Экологическая безопасность**

Основными источниками загрязнения окружающей среды могут быть частицы порошков. Однако учитывая тот факт, что навески порошков имеют малую концентрацию, то можно считать данное производство безопасным.

Для защиты атмосферы используются вентиляционные системы, улавливающие частицы. На сегодняшний день не существует нормативных данных по фильтрам для мелкодисперсных частиц. При этом учитывают, что частицы с размерами порядка  $10^{-7}$ – $10^{-8}$  м ведут себя как молекулы газа, а частицы с большими размерами, как частицы пыли. Для фильтрации воздуха применяют

комбинированные газопылезащитные системы, которые улавливают частицы всех размеров.

Поскольку работы ведутся с сухими порошками без жидких примесей, то утилизацию отходов путем слива в канализацию не проводят. Если все-таки косвенно произойдет попадание наночастиц в воду, то концентрация будет незначительной и не нанесет вреда.

Попадание мелкодисперсных частиц порошков в литосферу может происходить в случае неправильной утилизации твердых отходов производства. Все лабораторные эксперименты исследовательский характер, и навески порошка для изготовления образцов имеют незначительную малую массу. Доля отходов в лаборатории мала, поэтому допускается утилизация в мусорные контейнеры. Если частицы рабочих порошков попали в литосферу, особой опасности они нести не станут за счет своей малой концентрации.

### 5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Готовность к чрезвычайным ситуациям является одним из важнейших факторов безопасности жизнедеятельности.

Чтобы решить потенциальные угрозы безопасности, мы сначала проектируем список возможных чрезвычайных ситуаций при разработке и эксплуатации решений.

Таблица 5.10 – Чрезвычайные ситуации делятся на техногенные и электрические сбои

Аварийные ситуации	Человеческая ошибка	Отказ электрооборудования
Пожар или взрыв при обогреве электрической плитой	+	+
Брызги на кожу при использовании щавелевой кислоты	+	
Удар током при использовании Коробка постоянного напряжения	+	+

Из Таблицы 5.10 видно, что аварийная ситуация может быть человеческой ошибкой или неисправностью электрического оборудования, поэтому нам необходимо учитывать два фактора, чтобы предотвратить эту аварийную ситуацию.



В качестве примера мы используем пожары или взрывы, вызванные нагревом электропечи.

Если в результате пожара произошла ошибка человека, мы принимаем следующие меры:

1) Перед работой с оборудованием, являющимся потенциальным источником чрезвычайной ситуации, работник обязан пройти инструктаж по технике безопасности.

2) Установка не должна загромождать пути эвакуации в случае чрезвычайных ситуаций и закрывать собой предупредительные знаки и сигналы.

3) Около каждой установки должен быть автомат аварийного отключения электроэнергии, а в электрической цепи присутствовать устройство защитного отключения.

Если это электрическая неисправность, которая вызывает пожар, наши профилактические меры:

1) Дымовая пожарная сигнализация должна быть оборудована в лаборатории, чтобы предотвратить пожар, вызванный изоляцией соединительного провода, когда лаборатория пуста.

2) Лаборатория должна быть оснащена противопожарным оборудованием.

3) В случае пожара или взрыва в лаборатории ответственное лицо или сотрудник по безопасности лаборатории должны немедленно отключить источник питания и аксессуары.

Согласно нашей лаборатории, мы можем получить, что категория опасности является Б взрыво-пожароопасная

Чтобы предотвратить чрезвычайные ситуации, такие как пожары, мы должны немедленно прекратить работу в закрытом помещении и принять меры по их устранению. По возможности необходимо использовать универсальный выключатель для отключения всего оборудования в лаборатории. Если пламя не распространяется по всей комнате, вы должны использовать огнетушитель, чтобы вовремя погасить воспламененное оборудование или часть источника питания. При необходимости необходимо обеспечить эвакуацию людей в безопасное место и использовать кнопку пожарной сигнализации. Также в лаборатории есть аптечка с лекарствами, которые могут оказать первую помощь пострадавшим.

## **5.8. Выводы по разделу**

Таким образом, в данном разделе были рассмотрены негативные факторы, влияющие на работника в процессе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы, а также меры по снижению их вредного/опасного действия к минимуму. Кроме того, были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работника, экологические аспекты работы, а также возможные чрезвычайные ситуации на рабочем месте и порядок действий в случае их возникновения.

## Выводы

1. Получены композиты  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--MgO}$  с помощью нано-распылительной сушилки В-90 при различных соотношениях: 95:5; 90:10, 80:20.
2. При соотношении в композите алюминия к магнию 90:10 наблюдается минимальный размер сфер (0,7 мкм), относительно узкое распределение по размеру и большее содержание фазы  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  – 22 %.
3. Были синтезированы системы  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--MgO--Ag}$  с использованием технологии «зеленого синтеза» из растворов с экстрактом березы
4. При исследовании противогрибковой активности на модельных системах с пектином показано, что система  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--MgO--Ag}$  предотвращает образование плесени в течении 5 суток.
5. На основе личных финансово-экономических теорий был составлен проектный бюджет и оценена стоимость проекта. Сделан вывод, что использование технологии сухого распыления порошков является наиболее экономичным и эффективным методом.
6. При оценке высокой эффективности производства порошков, высушенных распылением, в этом проекте можно сделать выводы и свести к минимуму вредное поведение и вредные вещества. Кроме того, были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работника, экологические аспекты работы, а также возможные чрезвычайные ситуации на рабочем месте и порядок действий в случае их возникновения.

## Список используемых источников

---

1. Meng L-Y, Jiang W., Piao W.X., Meng W. Effect of bio-template on the properties of SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composites for drug delivery / L.-Y. Meng et al. // Journal of Industrial and Engineering Chemistry – 2016. – Vol. 37. – P. 14–17.
2. Ance E. Careers in nanomedicine and drug delivery // Advanced Drug Delivery Reviews – 2019. – Vol. 144. – P. 180 – 181.
3. Masayuki Yokoyama. Drug targeting with nano-sized carrier systems//Journal of Artificial Organs –2005 – Vol. –8, P. 77–84.
4. Yeyan Qiu, Jun Zhu, Jianting Wang, Renmin Gong, Mingming Zheng, and Fenghong Huang. Self-Assembled Phytosterol-Fructose-Chitosan Nanoparticles as a Carrier of Anticancer Drug//Journal of Nanoscience and Nanotechnology – 2013. – P. 2–8.
5. S. Pragati, S. Kuldeep, S. Ashok, M. Satheesh. Solid Lipid Nanoparticles: A Promising Drug Delivery Technology//International Journal of Pharmaceutical Sciences and Nanotechnology – 2009. – P. 509– 511.
6. Tuncer. M. Effects of pH on agglomeration state of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub> (ZTA) nanocomposite powders synthesized by tartaric gel method // Ceramic Silikaty – 2012. – Vol. 56(2). – P. 107–111.
7. Angel, J.D. Aguilera A.F., Galindo I.R., Martinez M., Viveros T. Synthesis and characterization of alumina-zirconia powders obtained by sol-gel method // Materials Sciences and Applications. – 2012. – Vol.3. – P. 650–657.
8. Tanmasebpour M. Babaluo A.A. Studies on the synthesis of  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanopowders by the polyacrylamide gel method // Powder Technology. – 2009. – Vol.191. – P. 91–97.
9. Babaluo A.A., Kokabi M., Barati A. Chemorheology of alumina aqueous acrylamide gelcasting systems // J. Eur. Ceram. Soc. – 2004. – Vol.24. – P. 635–644.
10. Tok A.I.Y., Boey F.Y.C., Zhao X.L. Novel synthesis of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nano-particles by flame spray pyrolysis / A.I.Y. Tok, // Journal of Materials Processing Technology. – 2006. – Vol.178. – P.270-273.
11. Lyamina, G., Ilela A., Khasanov O., Petyukevich M., Vaitulevich E. Synthesis of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub> powders from differently concentrated suspensions with a spray drying technique // AIP Conference Proceedings. 1772, 020011 (2016); doi: 10.1063/1.4964533.

---

12 A. Schrijnemakers et al. Mullite coatings on ceramic substrates: Stabilisation of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub> suspensions for spray drying of composite granules suitable for reactive plasma spraying // *Journal of European Ceramic Society* – 2009. – Vol.29. – P. 2169 – 2175.

13. C. Arpagaus et al. Nano Spray Drying for Encapsulation of Pharmaceuticals [Text]: accepted manuscript // *International Journal of Pharmaceutics*. – 2018. – P. 1 – 7.

14. Илела, Алфа Эдисон Разработка технологии получения нанопорошков оксидов алюминия и циркония и материалов на их основе методом распылительной сушки растворов и суспензий : диссертация ... кандидата технических наук : 05.17.11 Томск 2020

15 . Шкиль Н. Н. Антимикробные свойства, фармакотоксикологические характеристики и терапевтическая эффективность препарата арговит при желудочно-кишечных болезнях телят // *Научный журнал КубГАУ*. – №68. – № 4. – С. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/04/pdf/46.pdf>

16. Ю. А. Букина –Получение антибактериальных текстильных материалов на основе наночастиц серебра посредством модификации поверхности текстиля неравновесной низкотемпературной плазмой / Ю.А. Букина, Е.А. Сергеева // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2012. – № 7. – P. 125 – 128.

17 . Полонский В.И., Асанова А.А. Влияние наночастиц серебра на биологические объекты // *вестник Крас ГАУ*. – 2018. – № 6. – С. 271-276.

<sup>18</sup> Liu X. et. al. Antibacterial properties of nano-silver coated PEEK prepared through magnetron sputtering // *Dental Materials*. – 2017. – V. 33(9). – P. 348 – 359.

<sup>19</sup> Михиенкова А.И., Муха Ю.П. Наночастицы серебра: характеристика и стабильность антимикробного действия коллоидных растворов // *Environment & Health*. – 2011. – № 1. – С. 55 – 59.

<sup>20</sup> Korkmaz N. et. al. Biogenic nano silver: Synthesis, characterization, antibacterial, antibiofilms, and enzymatic activity // *Advanced Powder Technology*. – 2020. – V. 31(7). – P. 2942 – 2949.

<sup>21</sup>. Fordham W.R., Redmond S., Westerland A., Cortes E.G. Silver as a bactericidal coating for biomedical implants / W.R. Fordham et al. // *Surface & Coatings Technology*. – 2014. – Vol.253. – P. 52-57.

<sup>22</sup> . Pareek V., Gupta R., Panwar J. Do physico-chemical properties of silver nanoparticles decide their interaction with biological media and bactericidal action? A review / V. Pareek et al. // *Materials Science & Engineering C*. – 2018. – Vol.90. – P. 739–749.

---

23. Лямина Г.В., Илела Алфа Эдисон, Качаев Артем Алексеевич, Амантай Далбанбай, Колосов Петр Владимирович и Чепрасова Марина Юрьевна. Получение нанопорошков оксида алюминия и циркония из растворов их солей методом распылительной сушки. Бутлеровские чтения 13-33-2-119.

24. Илела А. Э., Лямина Г. В., Качаев А. А., Амантай Д., Колосов П. В., Чепрасова М. Ю. Получение нанопорошков оксида алюминия и циркония из растворов их солей методом распылительной сушки. //Бутлеровские сообщения. – 2013. Т.33. №2. – Р.119-124.

25. Илела, А.Э. Получение нанопорошков оксида алюминия и циркония из растворов их солей методом распылительной сушки / А.Э. Илела, Г.В. Лямина, А.А. Качаев, Д. Амантай, П.В. Колосов, М.Ю. Чепрасова // Бутлеровские сообщения. 2013. Т.33. №2. С.119-124.

26. Л. Н. Моница. Рентгенография, Качественный рентгенофазовый анализ //Министерство образования и науки Российской Федерации, Издательство Тюменского государственного университета –2016 – Р. 120 .

27. Штольц А.К., Медведев А.И., Курбатов Л.В Рентгеновский фазовый анализ, микронапряжений и размера областей когерентного рассеяния в поликристаллических материалах// Методические указания к лабораторным работам. – 2005. – Р. 23 .

28. Шеин, Е. А. Устройство и принцип работы рентгеновского дифрактометра общего назначения. // методические указания к лабораторной работе –2013 –Р.26.

29. Скотникова М.А., Мартынов М.А. Практическая электронная микроскопия в машиностроении// Изд-во ПИМаш. – 2005. –Р.92 .

30. Синдо Д., Оикава Т. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия.//Техносфера. –Москва. – 2006. –Р. 256.

31. Sawai S., Uchino T. Visible photoluminescence from  $MgAl_2O_4$  spinel with cation disorder and oxygen vacancy// Journal of applied physics. –2012. – Vol.12. –Р. 103523(1) - 103523(6).

32. Runping Li, Jianhua Liu. Microwave hydrothermal synthesis of magnesium-aluminium spinel//Ceramics International –2020. – Р.2.

33. Постановление Минтруда РФ N 1, Минобразования РФ N 29 от 13.01.2003

- 
- 34 . "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.05.2021)
- 35 . ГОСТ 12.2.033-78. Общие эргономические требования (дата введения: 26.04.1978).
- 36 .ГОСТ 12.0.003-2015 СИСТЕМА СТАНДАРТОВ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА. ОПАСНЫЕ И ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ(дата введения: 09.0.2016).
37. СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы" (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 01.10.1996 N 21).
- 38 .СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 (с изм.1 2010) Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
- 39 .ГОСТ 12.4.132-83 - Халаты мужские. Технические условия(дата введения: 01.01.1985).
- 40 .ГОСТ 12.4.299-2015. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Рекомендации по выбору, применению и техническому обслуживанию.
- 41 . ПОСОБИЕ к МГСН 2.06-99 расчет и проектирование искусственного освещения помещений общественных зданий.
42. ГОСТ ISO 12100-2013. Безопасность машин, основные принципы конструирования.
43. ГОСТ 12.4.253-2013. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты глаз. Общие технические требования.
44. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда, электробезопасность.
45. ГОСТ 12.2.007.0-75. Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности. Обозначение. (Дата введения в действие 01.01.1978)