

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

**Школа** Инженерная школа новых производственных технологий  
**Направление подготовки** 22.04.01. Материаловедение и технологии материалов  
**Отделение школы** Отделение материаловедения

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Влияние алюминий-содержащих наночастиц на корнеобразование пшеницы в разных условиях эксперимента</b>

УДК 661.862:633.11:635.073

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ02	Лян Шиюэ		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Годымчук А.Ю.	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Профессор отделения социально-гуманитарных наук	Гасанов М.А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Доцент отделения общетехнических дисциплин	Антоневич О.А.	к.б.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор отделения материаловедения	Хасанов О.Л.	д.т.н.		

Томск – 2022 г.

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

**Школа** Инженерная школа новых производственных технологий  
**Направление подготовки** 22.04.01. Материаловедение и технологии материалов  
**Отделение школы** Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ О.Л. Хасанов  
 « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022г.

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

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ02	Лян Шиюэ

Тема работы:

<b>Влияние алюминий-содержащих наночастиц на корнеобразование пшеницы в разных условиях эксперимента</b>
--

Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ 33-33/с от 02.02.2022
-------------------------------------	------------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2022 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Литературные источники: базы данных <a href="http://www.sciencedirect.com">www.sciencedirect.com</a>, <a href="http://pubs.rsc.org">pubs.rsc.org</a>, <a href="http://link.springer.com">link.springer.com</a>.</li> <li>2) Оборудование и лабораторный инвентарь НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» отделения материаловедения Томского политехнического университета</li> <li>3) Объекты исследования: наночастицы Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, семена пшеницы.</li> <li>4) Требования к результатам: зависимости, описывающие влияние концентрации, состава и размера алюминий-содержащих наночастиц Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на биометрические параметры пшеницы.</li> </ol>
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<p>1) выполнить литературный обзор по классификации, применению, методам получения, свойствам наночастиц Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и их влиянию на растительные тест-объекты;</p> <p>2) провести дисперсионный анализ наночастиц Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с помощью методов просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии и метода лазерной дифракции;</p> <p>3) показать влияние концентрации, состава и размера наночастиц на биометрические параметры проростков пшеницы, включая степень стимулирования корня, энергию прорастания и корнеобеспеченность;</p> <p>4) провести сравнение влияния состава алюминий-содержащей добавки (наночастиц Al, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и ионов Al<sup>3+</sup>) на корнеобразование.</p>
<b>Перечень графического материала</b>	Микрофотографии нанопорошков, кривые распределения частиц по размерам, фотографии проростков пшеницы, фотографии побегов, графики изменения биометрических параметров проростков пшеницы в зависимости от концентрации, состава и размера наночастиц Al, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент...	Гасанов М.А.
Социальная ответственность	Антоневич О.А.
Раздел ВКР на английском языке	Демьяненко Н.В.

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

**Разделы на русском языке:** Литературный обзор; экспериментальная часть; результаты и их обсуждение; финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; социальная ответственность

**Раздел на иностранном языке:** The experimental part

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	02.02.2022
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент отделения материаловедения	Годымчук А.Ю.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4БМ02	Лян Шиюэ		

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов  
 Уровень образования магистр  
 Отделение школы Отделение материаловедения  
 Период выполнения весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
--------------------------

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела	Максимальный балл раздела
30.03.2022	1. Литературный обзор	20
30.04.2022	2. Экспериментальная часть	20
25.05.2022	3. Обсуждение результатов и оформление работы	30
15.05.2022	4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоемкость	10
27.05.2022	5. Социальная ответственность	10
27.05.2022	6. Обязательное приложение на иностранном языке	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Доцент отделения материаловедения	Годымчук А.Ю.	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Профессор отделения материаловедения	Хасанов О.Л.	д.т.н.		

## Планируемые результаты обучения по ООП 22.04.01

Код результата	Результат обучения	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>FEANI</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>

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 91 с., 10 рис., 23 табл., 92 источник, 1 прил.

**Ключевые слова:** наночастицы алюминия, оксида алюминия, проростки пшеницы, суспензии, электронная микроскопия, лазерная дифракция, фитотоксичность.

**Объектами исследования** являются нанопорошки Al, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и семена пшеницы.

**Целью выпускной квалификационной работы** является оценка влияния концентрации, состава и размера алюминий-содержащих наночастиц и ионов Al<sup>3+</sup> на биометрические параметры проростков пшеницы, выращенных в лабораторных условиях.

**В работе проведено** исследование влияния концентрации (1...1000 мг/л), состава (Al, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и ионов Al<sup>3+</sup>) и размера наночастиц (35, 40, 140 нм) на степень стимулирования, энергию прорастания и корнеобеспеченность для проростков пшеницы сорта «Ирень» (Томский район, Россия).

**Результаты исследования** показывают, что при замачивании семян в среде, содержащей алюминий-содержащие добавки, при уменьшении размера наночастиц 140...40...35 нм, увеличении их концентрации 1...1000 мг/л, а также в ряду состава Al...Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-40...Al<sup>3+</sup> корнеобразование пшеницы подавляется.

**Область применения:** данные, полученные в результате исследования, могут быть использованы для прогнозирования воздействия алюминий-содержащих наночастиц на пшеницу.

**Экономическая значимость работы:** добавки с концентрацией 1 мг/л наночастиц Al с размером 100 нм и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с размером 40 нм в среду прорастания можно применять для увеличения стрессоустойчивости пшеницы на 30%.

**Используемые в работе сокращения:**

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-35 – наночастицы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> со средним размером 35 нм;

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-40 – наночастицы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> со средним размером 40 нм;

$\text{Al}_2\text{O}_3$ -140 – наночастицы  $\text{Al}_2\text{O}_3$  со средним размером 140 нм;

R,  $\pm\%$  – степень стимулирования развития корня;

G, % – энергия прорастания;

RI, уд.ед.– корнеобеспеченность растения.

## Содержание

<b>РЕФЕРАТ .....</b>	<b>6</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>11</b>
<b>ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....</b>	<b>12</b>
1.1. Наночастицы .....	12
1.1.1. <i>Определение и классификация наночастиц</i> .....	12
1.1.2. <i>Получение наночастиц Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i> .....	12
1.1.3. <i>Применение наночастиц Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i> .....	14
1.2. Биологические свойства наночастиц .....	15
1.2.1. <i>Влияние наночастиц Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на высшие растения</i> .....	15
1.2.2. <i>Влияние размера и концентрации наночастиц на корнеобразование</i> .....	15
1.2.3. <i>Влияние наночастиц и ионов на корнеобразование</i> .....	18
1.3. Постановка задачи исследования.....	18
<b>ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....</b>	<b>20</b>
2.1. Объекты исследования .....	20
2.1.1. <i>Наночастицы</i> .....	20
2.1.2. <i>Семена пшеницы</i> .....	20
2.2. Дисперсионный анализ наночастиц.....	21
2.2.1. <i>Электронная микроскопия</i> .....	21
2.2.2. <i>Метод БЭТ</i> .....	22
2.2.3. <i>Метод лазерной дифракции</i> .....	22
2.3. Приготовление растворов и суспензий.....	23
2.3.1. <i>Приготовление среды прорастания</i> .....	23
2.3.2. <i>Приготовление суспензий наночастиц</i> .....	24
2.3.3. <i>Приготовление растворов Al<sup>3+</sup></i> .....	24
2.4. Определение биометрических параметров проростков.....	25
2.4.1. <i>Определение длины корня и энергии прорастания</i> .....	25
2.4.2. <i>Определение корнеобеспеченности проростка</i> .....	26
<b>ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ .....</b>	<b>28</b>
3.1. Характеристика наночастиц.....	28

3.2. Дисперсионные свойства суспензий наночастиц.....	30
3.2.1. Агрегация наночастиц Al и Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> в суспензии.....	30
3.2.2. Влияние размера частиц на дисперсионные свойства суспензии .....	31
3.3. Биологические свойства наночастиц и ионов .....	31
3.3.1. Влияние концентрации наночастиц .....	31
3.3.2. Влияние состава наночастиц .....	33
3.3.3. Влияние размера и способа получения наночастиц.....	34
3.3.4. Влияние добавления наночастиц в пролонгированном эксперименте .....	35
3.4. Выводы .....	36
<b>ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....</b>	<b>39</b>
4.1. Предпроектный анализ .....	40
4.1.1. Потребительский рынок результатов исследований .....	40
4.1.2. Анализ конкурентных решений.....	40
4.1.3. SWOT-анализ.....	42
4.2. Планирование управления научно-техническим проектом .....	44
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования .....	44
4.2.2. Разработка графика проведения научного исследования.....	45
4.2.3. Бюджет научного исследования .....	47
4.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	52
4.4. Выводы по разделу .....	56
<b>ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....</b>	<b>59</b>
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	60
5.1.1. Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	60
5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	

5.2. Производственная безопасность при разработке проектного решения.....	61
5.2.1. Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов.....	62
5.2.2. Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора.....	67
5.3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения .....	69
5.3.1. Воздействие на атмосферу.....	69
5.3.2. Воздействие на гидросферу.....	69
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения .....	70
5.4.1. Возможные ЧС.....	70
5.5. Выводы по разделу .....	71
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>73</b>
<b>СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ .....</b>	<b>83</b>
<b>Приложение А.....</b>	<b>84</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Алюминиевые наночастицы используются для теплоизоляционных покрытий, ракетного топлива [1], биомедицинских применений [2], косметических наполнителей, изделий из стекла и полупроводниковых материалов [3], поэтому темпы их производства будут расти. При массовом производстве и использовании наночастицы будут неизбежно выделяться в окружающую среду и попадать в воздух, воду и почву [4]. Присутствие наночастиц в окружающей среде может оказать губительное влияние на рост растений [5].

Из литературы известно, что фитотоксичность наночастиц зависит от состава [6], концентрации [7], размера и формы [8]. Несмотря на то, что алюминий считается фитотоксичным элементом [9], данных о концентрационном влиянии наночастиц Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на прорастание растений недостаточно для прогнозирования их влияния и классификации их как загрязнителей.

**Целью выпускной квалификационной работы** является оценка влияния концентрации, состава и размера наночастиц и ионов алюминия на биометрические параметры проростков пшеницы, выращенных в лабораторных условиях.

# ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1. Наночастицы

### *1.1.1. Определение и классификация наночастиц*

Наночастицы относят к частицам, имеющим размеры от 1 до 100 нанометров [10]. Нанопорошками называют порошкообразные материалы с отдельными частицами наноразмера [11].

Существуют разные классификации наночастиц. В соответствии с различиями в линейных размерах наночастиц их можно разделить на нульмерные (0D), одномерные (1D), двумерные (2D) и трехмерные (3D). Нульмерные наночастицы включают кластеры, квантовые точки (например, Si [12]) и наночастицы ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  [13], Au [14] и др.). Нанотрубки и нанопроволоки относятся к одномерным наноструктурам (1D). Примерами являются нанопроволоки ZnO [15] и нановолокна [16]. К двумерным структурам относят нанопленки (Au/TiO<sub>2</sub> [17], ZnO [18] и др.) и нанопокрyтия (SiC [19], Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> [20]). Среди трехмерных наноструктур встречаются нанокристаллы Au [21], Pd [22] и др.

Наночастицы также различают по форме. В настоящее время синтезируют сферические (Ag [23]), игольчатые ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  [24]), слоистые (Ag [25]), стержневидные (Au [26]) и кубические частицы ( $\text{Cu}_2\text{O}$  [27]).

Наночастицы также различают разного состава: металлические (металлы и их соединения [28]), углеродные [29], полимерные [30] или композиты [31]). Для придания стабильных свойств на частицы часто наносят функциональные покрытия [32] и вещества [33].

### *1.1.2. Получение наночастиц Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*

В настоящее время наночастицы алюминия производятся в разных странах, включая Россию на опытно-промышленных предприятиях («Передовые порошковые технологии» (<http://www.nanosized-powders.com/>), «АКТИВ-NANO» (<https://125457-ru.all.biz/>), «LLC“MP-Line-Group”» (<https://mplg.promportal.su/>),

«MKnano» (<https://www.mknano.com/>), «EPRUI» (<https://www.nanoparticles-microspheres.com>), Турция «Nanografi» (<https://nanografi.com/>) и др.

Способы получения наночастиц можно разделить на две категории: методы “сверху вниз” (измельчение макроскопического объекта до наноразмеров [34]) и “снизу вверх” (объединение отдельных атомов для получения наночастиц [35]).

Наночастицы алюминия можно получить с помощью взрыва алюминиевой проволоки. под действием различных инертных газов (азот, аргон, гелий). Техническая реализация данного метода получения нанопорошков основывается на распылении металлических проводников импульсами тока при разряде батареи конденсаторов. Так получают наночастицы Al с размерами 5...80 нм при следующих условиях: В средах с азотом, аргоном и гелием используется напряжение 25 кВ, а провод имеет диаметр 0,5 мм и длину 150 мм. [36]. Для нанесения тонкой пленки оксида полученные наночастицы пассивируют в среде аргона при медленном окислении добавками воздуха.

Методом импульсной лазерной абляции получают наночастицы чистого металла. Объемную или порошкообразную металлическую мишень помещают в водный раствор и облучают коротким лазерным импульсом. Это простая и недорогая технология без химического загрязнения и контролируемого размера наночастиц. Например, наночастицы Al ( $12\pm 9$  нм) и наночастицы  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (50 нм) были синтезированы в работе [37].

Для получения наночастиц Al также можно использовать химический синтез. Например, наночастицы Al с размером 50...250 нм были синтезированы методика из статьи [38]. В работе наночастицы Al были получены восстановлением ацетилацетоната алюминия гидридом алюминия лития (LiAlH<sub>4</sub>) в метиле при 165°C. В другой работе [39] были синтезированы наночастицы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с размером 55 нм. Химический синтез является простым, безопасным, экономичным и быстрым методом.

Золь-гель-метод также используется для синтеза алюминиевых наночастиц. Метод включает образование золя из металлоорганического предшественника, а взвешенные частицы полимеризуются при низких температурах. Полученный влажный гель затем сушат и измельчают после термической обработки для получения наночастиц, как было сделано для получения наночастиц  $Al_2O_3$  (15 нм) [40].

Метод гидротермального синтеза позволяет кристаллизовать различные формы безводных материалов непосредственно из водного раствора при высокой температуре и высоком давлении. Технология синтезируется за один этап без высокотемпературного прокаливания и интенсивного измельчения, а полученные материалы обладают высокой химической и фазовой чистотой. Например, был проведен синтез нанопорошка  $\alpha-Al_2O_3$  с размером частиц 100 нм [41].

### *1.1.3. Применение наночастиц Al и $Al_2O_3$*

Наночастицы Al и  $Al_2O_3$  имеют широкий спектр коммерческого применения. Так, первые широко используются в пиротехнических изделиях [42], а также в качестве взрывчатых веществ и добавок в ракетное топливо [43]. Наночастицы Al могут быть использованы в качестве материала для хранения водорода большой емкости [44]. Наноразмерные покрытия с добавкой Al [45] обладают теплоизоляционными характеристиками, коррозионной стойкостью и износостойкостью.

Наночастицы  $Al_2O_3$  используются в качестве сырья для косметических наполнителей, керамических материалов, металлических материалов, композитных материалов и т.д. [46], адсорбентов для удаления красителей из промышленных сточных вод [47], для биосенсоров [48], для доставки лекарств [49] или в качестве композитного материала для замены человеческих суставов [50].

## **1.2. Биологические свойства наночастиц**

### ***1.2.1. Влияние наночастиц Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на высшие растения***

Наночастицы Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> способны оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на высшие растения.

Показано, что наночастицы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (30...60 нм) способствуют увеличению массы и длины корней проростков сои [51], а Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (150 нм, концентрация 400...4000 мг/л) – удлинению корней и количеству листьев арабидопсиса [52]. Наночастицы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10 нм) могут быть использованы в качестве адсорбентов, чтобы помочь улучшить усвоение макроэлементов растениями [53].

Показано, что наночастицы Al с размером 18 нм (20...200 мг/л) способствовали удлинению корня семян редиса и семян рапса по сравнению с контролем [54], а присутствие частиц Al (100 нм, 100 мг/л) не оказывало неблагоприятного влияния на рост растения красной фасоли и ржи [55].

В то же время наночастицы Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при определенных условиях могут проявлять фитотоксичность. Данные исследований показали, что наночастицы Al (18 нм, 2000 мг/л) и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (60 нм, 2000 мг/л) оказывают ингибирующее действие на прорастание семян и уменьшение длины корня кукурузы и семян райграсса, причем Al показал более высокую фитотоксичность, чем Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [54].

Исследования на семенах кукурузы показали, что с добавлением наночастиц Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (58 нм, 1000 мг/л) энергия прорастания семян кукурузы снизилась с 95 до 50% [56]. Добавление наночастиц Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (13 нм, 5...50 мг/л) в среду прорастания привело к подавлению роста корней и морфологическим и клеточным изменениям в корневой системе [57]. Показано, что наночастицы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (13 нм, 5...50 мг/л) ингибировали митоз корней пшеницы, вызывали хромосомные аномалии и гибель клеток [58].

### ***1.2.2. Влияние размера и концентрации наночастиц на корнеобразование***

Литературный обзор показал, что воздействия наночастиц на растения в большей степени зависит от их размера (табл.1.1) и концентрации (табл.1.2).

Таблица 1.1. Влияние размера наночастиц на корнеобразование

Наночастицы	Растения	Влияние	Источник
Ag 10, 20, 51, 73 нм	Лук <i>Allium cepa</i>	По мере уменьшения размера наночастиц энергия прорастания и удлинение корней будут уменьшаться. Например, при уменьшении размера от 73 до 10 нм при концентрации 100 мг/л длина корня уменьшается от 4.5 до 4 мм.	[59]
Ag 20, 30-60, 70- 120, 150 нм	Рис <i>Oryza sativa</i> L. cv. KDML105	При уменьшении размера от 150 до 20 нм (концентрация 10 мг/л) масса корней и стеблей уменьшается на 15%).	[60]
Ag 20, 50, 65 нм	Широкие бобы <i>Vicia faba</i>	Уменьшение размера наночастиц от 65 до 20 нм (концентрация 50 мг/л) длина корней уменьшается от 3.3 до 0.9 мм.	[61]
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 20 нм, 0,06 мм	Пажитник <i>Trigonella foenum Graceum L.</i>	Размер наночастиц увеличился с 65 нм до 0,06 мм (концентрация 100 мг/л), а длина корня уменьшилась с 11 до 4 мм.	[62]

Таблица 1.2. Влияние концентрации наночастиц на корнеобразование

Наночастицы	Растения	Влияние	Источник
ZnO 30 нм 10, 100, 1000 мг/л	Кукуруза <i>Zea mays</i> L. Огурец <i>Cucumis</i> <i>sativus</i> L.	Энергия прорастания кукурузы и удлинение корней огурец уменьшаются с увеличением концентрации от 10 до 1000 мг/л.	[63]
ZnO 50 нм 25, 50, 100 мг/л	Рис <i>Oryza</i> <i>sativa</i> L.	При увеличении концентрации наночастиц от 25 до 100 мг/л вес корней и стеблей уменьшается на 20 %.	[64]
C 80 нм 10, 50, 150 мг/л	Рис <i>Oryza</i> <i>sativa</i> L.	При увеличении концентрации наночастиц от 10 до 150 мг/л длина корней уменьшается от 10 до 3 мм.	[65]
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 13 нм 5, 25, 50 мг/л	Пшеница <i>Triticum</i> <i>aestivum</i> L.	При увеличении концентрации наночастиц от 5 до 25 мг/л длина корней уменьшается от 8 до 6 мм.	[66]
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 40 нм 50, 200, 500, 1000 мг/л	Пшеница <i>Triticum</i> <i>aestivum</i> L.	По мере увеличения концентрации наночастиц с 200 до 1000 мг/л длина корня увеличивается с 7 до 8 мм.	[67]

### 1.2.3. Влияние наночастиц и ионов на корнеобразование

Ниже приведены несколько статей в таблице 1.3, в которых сравнивается воздействие ионов и наночастиц одного состава на растения.

Таблица 1.3. Влияние концентрации наночастиц и ионов на корнеобразование

Состав	Растения	Влияние	Источник
$Al_2O_3$ 22 нм	Капуста	Низкие дозы наночастиц оксида алюминия могут способствовать росту рассады.	[68]
$Al^{3+}$		Ионы $Al^{3+}$ обладают более высокой фитотоксичностью.	
$Al_2O_3$ 10 нм	Салат	Способствовал удлинению корней салата.	[53]
$Al^{3+}$		Значительно подавлял прорастание семян и удлинение корневой системы салата.	
$ZnO$ 30 нм	Огурец	Способствовал удлинению корней при низких концентрациях.	[63]
$Zn^{2+}$		Значительно подавлял удлинение корневой системы.	

### 1.3. Постановка задачи исследования

Изучение литературы показало, что наночастицы Al и  $Al_2O_3$  являются перспективными и уже используются в различных промышленных применениях, поэтому их производят все больше и больше с помощью самых разных методов синтеза. С увеличением спроса и ростом производства неизбежно увеличивается число источников выделения наночастиц в окружающую среду. Обзор позволил увидеть, что наночастицы могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на высшие растения, а степень этого влияния

определяется их размером и концентрацией. Однако, не смотря на имеющийся задел в международной периодике, экспериментальных данных до сих пор недостаточно для того, чтобы классифицировать наночастицы по степени опасности.

**Целью выпускной квалификационной работы** является оценка влияния концентрации, состава и размера алюминий-содержащих наночастиц и ионов  $Al^{3+}$  на биометрические параметры проростков пшеницы, выращенных в лабораторных условиях.

Для достижения цели работы необходимо выполнить следующие задания:

- 1) провести дисперсионный анализ наночастиц  $Al$  и  $Al_2O_3$  с помощью методов просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии и метода лазерной дифракции;
- 2) показать влияние концентрации и размера наночастиц на биометрические параметры проростков пшеницы, включая степень стимулирования/подавления корня, энергию прорастания и корнеобеспеченность;
- 3) провести сравнение влияния состава алюминий-содержащей добавки (наночастиц  $Al$ ,  $Al_2O_3$  и ионов  $Al^{3+}$ ) на корнеобразование.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4БМ02	Лян Шиюэ

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа новых производственных технологий</b>	<b>Отделение</b>	<b>Направление/ специальность</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/ специальность</b>	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа; Определение и анализ целевого рынка; Проведение SWOT- анализа проекта.
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей, ожиданий и требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	На основе проведенного анализа, оценена экономическая эффективность алюминий-содержащих наночастиц на рост пшеницы.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

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

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	13.04.2022
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор отделения социально-гуманитарных наук	Гасанов Магеррам Али оглы			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4БМ02	Лян Шиюэ		

## ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ,

### РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

**Тема:** «Влияние алюминий-содержащих наночастиц на корнеобразование пшеницы в разных условиях эксперимента»

#### **Краткое описание**

Работа направлена на изучение влияния размера и концентрации состава и размера алюминий-содержащих наночастиц Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> разного размера и ионов Al<sup>3+</sup> на биометрические параметры проростков пшеницы, выращенных в лабораторных условиях.

Цель данного раздела ВКР заключается в оценке перспективности разработки и планировании финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НИ. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы: будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

## **4.1. Предпроектный анализ**

### ***4.1.1. Потребительский рынок результатов исследований***

Данная работа посвящена применению наночастиц Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в сельском хозяйстве. Основываясь на функции наночастиц по стимулированию роста пшеницы, можно судить о кругах, которые могут быть заинтересованы в развитии, а целевой рынок - сельскохозяйственные компании.

### ***4.1.2. Анализ конкурентных решений***

В настоящее время, из-за природы наночастиц Al, его применение в сельском хозяйстве относительно редко. Здесь рассматриваются две конкурирующие разработки.:

- 1) Добавление наночастиц серебра (Ag) в рост растений
- 2) Добавление наночастиц железа (Fe) в рост растений

Таблице 4.1 представлено сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 4.1. Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

№	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	Токсичность для растений	0,15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
2	Токсичность для окружающей среды	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,6
3	Содействие роста корней растений	0,12	4	2	4	0,48	0,24	0,48
4	Содействие прорастания семян растений	0,12	4	3	4	0,48	0,36	0,48
5	Простота	0,06	5	5	5	0,3	0,3	0,3
6	Эффективность работы	0,06	4	4	4	0,24	0,24	0,24
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>								
1	Реализация продукта	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
2	Уровень охвата рынка	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
3	Предполагаемая цена	0,08	4	5	4	0,32	0,4	0,32
4	Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
5	Срок выхода на рынок	0,06	4	4	4	0,24	0,24	0,24
	<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>46</b>	<b>43</b>	<b>44</b>	<b>4,31</b>	<b>3,98</b>	<b>4,06</b>

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что по сравнению с конкурентами (наночастицы Ag, Fe) использование наночастиц Al / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в сельском хозяйстве имеет больше преимуществ, таких как более низкие цены и более очевидное влияние на стимулирование роста растений. В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что предлагаемое в данной ВКР решение обладает конкурентоспособностью.

### 4.1.3. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта проведен SWOT-анализ, где детально продуманы сильные и слабые стороны научно-технической разработки. На втором этапе проведения SWOT-анализа составлены интерактивные матрицы проекта, в которых осуществлено выполнение анализа соответствия параметров SWOT каждого с каждым. Соотношения параметров представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	-	-	-	-
	B2	-	+	-	-	-
	B3	-	+	-	+	-
	B4	-	+	-	+	-
	B5	+	+	-	-	-

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	-	+	-
	B2	-	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-	-
	B4	-	-	-	-	-
	B5	-	-	-	-	-

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

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

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

Таблица 4.3. SWOT-анализ

	<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
	<p>C1. Низкая стоимость исходного сырья.</p> <p>C2. Наличие широкой потребительской базы.</p> <p>C3. Взаимосвязи ТПУ с потенциальными заказчиками.</p> <p>C4. ТПУ – один из ведущих вузов в области разработки нанотехнологий.</p> <p>C5. Высокая квалификация сотрудников и научных работников.</p>	<p>СЛ1. Токсичность материала для окружающей среды.</p> <p>СЛ2. Невысокие объемы производства.</p> <p>СЛ3. Риск нарушения правил безопасности и возникновения различных непредвиденных ситуаций.</p> <p>СЛ4. Большой срок поставок материала, используемого при проведении научного исследования.</p>
<b>Возможности</b>	<b>Направления развития</b>	<b>Сдерживающие факторы</b>
<p>В 1 Использование оборудования ИШНПТ ТПУ</p> <p>В 2 Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В 3 Развитие производства и рост объемов продукции</p> <p>В 4 Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве, это новое направление</p>	<p>В1С4. Высококачественное оборудование и расходные материалы доступны для этого эксперимента.</p> <p>В2С2. Наличие потребительской группы приводит к высокому спросу на новые продукты.</p> <p>В4С5. Высококвалифицированные исследователи внедряют инновации в новых направлениях.</p> <p>В1В3С1. Низкая материальная цена, используя оборудование ТПУ существующее, низкая цена производства, может увеличить объем продукции.</p>	<p>В2СЛ4 Новый спрос на материалы приводит к длительному процессу исследования.</p>
<b>Угрозы</b>	<b>Угрозы развития</b>	<b>Уязвимости</b>
<p>У 1 Повышает конкуренцию в этой отрасли</p> <p>У 2 Конкуренты имеют более передовую технологию и более низкую цену</p> <p>У 3 Продукция мало востребована</p>	<p>У1С1С2. Более ускоренные темпы разработки и производства и поиск технологического решения для ускорения технологического процесса</p>	<p>У1У2СЛ2. Разработка новых технологий для увеличения объема производства.</p> <p>У1СЛ1СЛ3. Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения воздействия на окружающую среду</p>

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

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

## 4.2. Планирование управления научно-техническим проектом

### 4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование работ предполагало определение структуры работ по проведению научного исследования, определение участников каждого вида работ, установление продолжительности работ, построение графика проведения исследований. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по выполнению НТР представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	инженер
	4	Выбор методов исследования	инженер, научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	инженер
	6	Проведение эксперимента	инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Обработка полученных данных	инженер
	8	Анализ полученных результатов НИР	Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации ОКР)	9	Составление пояснительной записки	инженер

#### 4.4.2. Разработка графика проведения научного исследования

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

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

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

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

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.5.

Таблица 4.5. 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		$t_{ожг}$ , чел-дни			
	руководитель	инженер	руководитель	инженер	руководитель	инженер		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	1		2		1,4		1,4	2
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	1	4	4	2,2	2,2	1,1	2
3. Обзор научной литературы		10		15		12	12	18
4. Выбор методов исследования	15	15	30	30		21	10,5	16
5. Планирование эксперимента		10		15		12	12	18
6. Проведение эксперимента		20		30		24	24	36
7. Анализ полученных результатов НИР		4		8		5,6	5,6	8
8. Оценка эффективности результатов		4		8		5,6	5,6	8
9. Составление пояснительной записки		4		8		5,6	5,6	8
<b>Итого</b>	17	68	36	118	3,6	88	77,8	116



его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице.

### **Материальные затраты научно-технического исследования**

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции (таблица 4.7).

Таблица 4.7. Затраты на завершение эксперимента

Наименование статей	Кол-во/1 изд	Цена, руб./кг	Итого затраты, руб.
Нано порошка алюминия (Al), кг.	0,05	1212,5	1212,5
Нано Порошок оксида алюминия (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), кг.	0,05	1212	1212
Соль нитрата алюминия (Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O).	0.1	2635	2635
Мыло туалетное	1	35	35
Перчатки, пар	5	10	50
Итого:			5144,5

### **Расчет амортизации специального оборудования**

Расчет амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов (таблица 4.8).

Таблица 4.8. Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Весы ALC-110d4	1	10	44	44
2	Ультразвуковая ванна ODA-LQ40	1	5	22	22
3	Суховоздушный термостат ТС-1/80 СПУ	1	10	23	23
4	Дистиллятор АЭ-25 МО	1	8	45	45
<b>Итого:</b>					134 тыс. руб.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

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

Где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

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

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

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

Весы:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0.1 \cdot 44000}{12} \cdot 4 = 1467 \text{ руб.}$$

Ультразвуковая ванна:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0.2 \cdot 22000}{12} \cdot 4 = 1467 \text{ руб.}$$

Суховоздушный термостат:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0.1 \cdot 23000}{12} \cdot 4 = 767 \text{ руб.}$$

Дистиллятор:

$$A = \frac{H_{AI}}{12} \cdot m = \frac{0.125 \cdot 45000}{12} \cdot 4 = 1875 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A = 1467 + 1467 + 767 + 1875 = 5576 \text{ руб.}$$

### **Основная заработная плата исполнителей темы**

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

где  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.5).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

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

где  $Z_m$  – должностной оклад работника за месяц;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

– при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

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

– для инженера:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d)k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}$$

где  $Z_{mc}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{np}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_p$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.9. Баланс рабочего времени исполнителей

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

Таблица 4.10. Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{mc}$ , руб	$k_{np}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	17	36504,1
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	68	118530,8
Итого:								155034,9

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 36504,1 = 5475,6 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 118530,8 = 17779,6 \text{ руб.}$$

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

Для руководителя:

$$З_{\text{внед}} = k_{\text{внед}}(З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0.3 \cdot (36504,1 + 5475,6) = 12593.9 \text{ руб.}$$

Для инженера:

$$З_{\text{внед}} = k_{\text{внед}}(З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0.3 \cdot (118530,8 + 17779,6) = 40893.1 \text{ руб.}$$

где  $k_{\text{внед}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

### **Накладные расходы**

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

Накладные расходы в целом:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 6) \cdot k_{\text{нр}} \\ = (4842 + 5144,5 + 155034,9 + 23255,2 + 53487) \cdot 0.2 = 48352,7 \text{ руб.},$$

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

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ.

Таблица 4.11. Группировка затрат по статьям

Статьи							
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
5576	5144,5	155034,9	23255,2	53487	241763,6	52522,2	295019,8

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

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения

интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

В качестве аналогов данной НТР рассмотрены:

- 1) Добавление наночастиц серебра (Ag) в рост растений
- 2) Добавление наночастиц железа (Fe) в рост растений

Интегральный финансовый показатель вариантов выполнения проектируемого объекта определялся по формуле:

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

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.1}} = \frac{320000}{320000} = 1,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.2}} = \frac{300800}{320000} = 0,94,$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.3}} = \frac{294286}{320000} = 0,92.$$

В результате расчета интегрального финансового показателя по трем вариантам разработки вариант 3 (данная НТР) с небольшим перевесом признан более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

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

Таблица 4.12. Сравнительная оценка характеристик вариантов НТР

исследования Критерии	Объект	Весовой коэффициент параметра	Вар.1	Вар.2	Вар.3
1. Безопасность при использовании		0,1	3/0,3	4/0,4	4/0,4
2. Стабильность работы		0,15	5/0,75	5/0,75	5/0,75
3. Научная ценность		0,2	4/0,8	4/0,8	5/1
4. Практическая значимость		0,2	5/1	5/1	5/1
5. Эффективность		0.2	4/0,8	3/0,6	4/0,8
6. Простота		0.15	5/0,75	5/0,75	5/0,75
ИТОГО		1	26/4,4	26/4,3	28/4,7

$$I_{p-вар1} = 4,4 ;$$

$$I_{p-вар2} = 4,3;$$

$$I_{p-вар3} = 4,7.$$

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

$$I_{вари} = \frac{I_{p-вари}}{I_{финр}}.$$

$$I_{Вар.1} = \frac{4.4}{1} = 4,4, \quad I_{Вар.2} = \frac{4.3}{0,94} = 4,6, \quad I_{Вар.1} = \frac{4.7}{0,92} = 5,1,$$

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

Таблица 4.13. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,94	0,92
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	4,3	4,7
3	Интегральный показатель эффективности	4,4	4,6	5,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	Вар.1/Вар.2 = 0,99 Вар. 1/Вар. 3= 0.91	Вар. 2/Вар. 1 = 1 Вар. 2/Вар. 3 = 0,92	Вар. 3/Вар. 1 = 1,1 Вар. 3/Вар. 2 = 1,1

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

#### 4.4. Выводы по разделу

В конце этого раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИ 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 – 116 дней; общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер, – 76; общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель, – 19;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 295019,8;

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

1) значение интегрального финансового показателя НИ составляет 0,92, что является показателем того, что НИ является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

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

3) значение интегрального показателя эффективности НИ составляет 5,1, по сравнению с 4,4 и 4,6, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в НИ, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
4БМ02		Лян Шиюэ	
<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа новых производственных технологий</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Направление/специальность</b>
<b>Уровень образования</b>	магистратура	<b>Направление/ специальность</b>	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

<b>Влияние алюминий-содержащих наночастиц на корнеобразование пшеницы в разных условиях эксперимента</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><i>Объект исследования:</i> суспензии на основе наночастиц Al, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и среди Хьюитта, семена пшеница.</p> <p><i>Область применения:</i> экология и сельское хозяйство.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория.</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> термостат, вытяжной шкаф, сушильная печь, ультразвуковая ванна, аналитические весы.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> наночастицы получены из химического шкафа, соответствующее количество наночастиц взвешивали с помощью весов, суспензию получали путем вибрации в ультразвуковой ванне, а суспензию использовали в термостате для выращивания семян пшеницы.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Постановление Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 N 1/29 (ред. от 30.11.2016) "Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций"</li> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022)</li> <li>– ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– Повышенный уровень шума на рабочем месте;</li> <li>– Запыленность и загазованность воздушной среды;</li> </ul>

<p>– Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора</p>	<p>– Аномальные параметры микроклимата воздушной среды в рабочей зоне;</p> <p>– Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.</p> <p>При работе в химической лаборатории вы должны носить лабораторные халаты и использовать резиновые перчатки для изоляции химических веществ, респираторы, медицинские маски или противогазы, чтобы предотвратить попадание химических веществ в организм человека. Лаборатория нуждается в вентиляции, а также в открытии вытяжного шкафа для выполнения химических работ.</p> <p>Расчет: расчет системы искусственного освещения</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:</b></p>	<p>Воздействие на атмосферу: При отборе и взвешивании наночастиц частицы могут выбрасываться в атмосферу по воздуху.</p> <p>Воздействие на гидросферу: При обработке суспензий, приготовленных путем удаления наночастиц, суспензии, содержащие наночастицы, могут загрязнять гидросферу.</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:</b></p>	<p>Возможные ЧС: пожары, взрыв.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожары.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	
<p>12.03.2022</p>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения общетехнических дисциплин	Антоневич Ольга Алексеевна	К.б.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ02	Лян Шиюэ		

## ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Объект исследования – суспензии на основе наночастиц Al, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и среди Хьюитта, семена пшеница.

Магистерская диссертация посвящена изучению влияния наночастиц оксида алюминия на биометрические параметры проростков пшеницы.

Рабочие процессы заключаются в создании суспензии наночастиц на основе раствора Хьюитта, добавлении ее в чашку Петри и положении семян пшеницы на фильтровальной бумаге. Чашку Петри помещали в термостат на 48 часов, а затем помещали под фотосинтетическую лампу на 5 дней. После этого корни и почки отделяют от семян и сушат в сушильной печи для дальнейшего исследования. Обработка и анализ результатов осуществляются с помощью компьютера.

Данная научно-исследовательская работа проводилась на лаборатории отделения наноматериалов и нанотехнологий, Инженерная школа новых производственных технологий, Томского политехнического университета (НМНТ ИШНПТ ТПУ), г. Томск.

Лаборатория, где проводятся работы, расположена на втором этаже. Помещение представляет собой комнату размером 4 на 6 метров, высотой 3 метра и двумя окнами, выходящими на север. В помещении есть 3 единицы технического оборудования и 2 системы вентиляции. Поверхность пола нескользкий и удобный. В ходе эксперимента использовались следующие оборудования: термостат, вытяжной шкаф, сушильная печь, ультразвуковая ванна, аналитические весы.

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

### ***5.1.1. Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства***

В соответствии с постановлением Министерства Труда и Социального Развития Российской Федерации Министерство Образования Российской Федерации от 13 января 2003 года N 1/29 [75], в целях снижения производственного травматизма и мер профилактики профессиональных заболеваний, сформулированы общие положения обязательного обучения по охране труда, были протестированы для проверки знаний требований охраны труда всех работников.

Работа в лаборатории должна соответствовать требованиям Трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) [76]. Российское законодательство гарантирует таким работникам повышенную оплату труда; сокращённую продолжительность рабочего времени; дополнительный оплачиваемый отпуск; Компенсации и гарантии обозначаются в Трудовом кодексе РФ, а также в локальных нормативных актах, коллективном договоре, трудовом договоре. В соответствии с требованиями, изложенными в ТК РФ, сотрудники обладают правом на получение доплат за труд во вредных условиях.

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.

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

Разумно организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны может устранить ненужную и необоснованную мобильность рабочей силы, свести к минимуму перемещение работников и материальные факторы в

трудовом процессе, тем самым повышая эффективность труда и снижая усталость работников.

Методологической основой научно обоснованной планировки рабочего места является соответствие эргономическим требованиям [77]: высота столов и стульев соответствует положению персонала стоя или сидя; важные и часто используемые материалы и инструменты расположены в легкодоступных местах; расположение на консоли соответствует порядку работы: слева направо, сверху вниз.

## **5.2. Производственная безопасность при разработке проектного решения**

В течение периода исследований использовались ультразвуковые ванны, сушильные шкафы и другие оборудования. Согласно ГОСТ 12.0003-2015 [78], потенциальные факторы могут быть определены в лаборатории, а возможные вредные факторы и опасные факторы перечислены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Превышенный уровень шума на рабочем месте	ГОСТ 12.1.003-2014 Шум. Общие требования безопасности [79] ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности [80] ГОСТ 12.1.029-80 Средства и методы защиты от шума. Классификация [81]
2. Запыленность и загазованность воздушной среды	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [82] ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [83] ГОСТ 12.1.007-76 Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [84]
3. Аномальные параметры микроклимата воздушной среды в рабочей зоне	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [82]
4. Опасности, связанные с током, вызванные разницей потенциалов	ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [85] ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление [86] ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [87]
5. Недостаточная освещенность рабочей зоны	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [88]

### ***5.2.1. Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов***

#### **Повышенный уровень шума на рабочем месте**

Нормы шума в рабочей среде перечислены в ГОСТ 12.1.003-2014 [79].

Шум на рабочем месте может раздражать сотрудников и усиливать их усталость. При выполнении задач, требующих внимания и концентрации,

шумовые помехи могут привести к ошибкам и увеличить продолжительность выполнения задачи.

Работа инженера по материаловедению в лаборатории относится к категории работ с легкой степенью напряженности и со средней физической нагрузкой. Основным устройством для создания шума в лаборатории является ультразвуковая ванна. Для лабораторий, которым необходимо сосредоточиться на операциях, максимально допустимый уровень шума составляет 60 дБА [80].

На рабочем месте для защиты от воздействия шума могут использоваться защитные методы и методы, указанные в стандарте ГОСТ 12.1.029-80 [81]. В эксперименте основным шум образующим оборудование является ультразвуковая ванна, которая производит шум из-за своей высокочастотной вибрации. Методы снижения шума, подходящие для уменьшения ультразвуковых ванн, следующие: коллективная защита - добавление звуконепроницаемой оболочки вокруг прибора; индивидуальная защита - ношение шум подавляющих наушников или шлемов.

### **Запыленность и загазованность воздушной среды**

Общие требования к допустимому содержанию опасных веществ в воздухе рабочей зоны указаны в Стандарте ГОСТ 12.1.005-88 [82]. Для рабочей среды лаборатории необходимо регулярно контролировать содержание вредных веществ в воздухе [83].

В этом исследовании использовались наночастицы Al, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Согласно классификации опасных веществ в ГОСТ 12.1.007-76 [84], наночастица Al относится к третьей категории опасности, умеренно опасному веществу, и ее значение ПДК составляет: 2 мг/м<sup>3</sup>. Наночастицы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> относятся к третьей категории — вещества умеренно опасные, значение ПДК: 6 мг/м<sup>3</sup> [82]. Если в воздухе рабочей зоны в течение длительного времени присутствуют высокие концентрации вредных веществ, это может вызвать раздражение кожи, затрудненное дыхание и даже потерю сознания.

Для снижения уровня загрязнения воздуха могут быть приняты следующие меры: (а) Контроль содержания вредных веществ в рабочей зоне; (б) Использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ); (в) Используйте эффективную вытяжную и вентиляционную систему.

### Аномальные параметры микроклимата воздушной среды в рабочей зоне

Показателями, которые могут быть использованы для характеристики микроклимата рабочей зоны, являются: (1) температура воздуха; (2) относительная влажность воздуха; (3) скорость движения воздуха; (4) интенсивность теплового излучения.

Показатели микроклимата должны обеспечивать поддержание теплового баланса между людьми и окружающей средой и поддержание оптимального или приемлемого теплового состояния организма. Согласно ГОСТ12.1.005-88 [82], оптимальные и допустимые показатели микроклимата для лабораторной зоны 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	допусти мая				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							
	посто-янных	не-посто-янных	пос-тоян-ных	не-посто-янных					
Холод-ный	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

Микроклимат влияет на физическое состояние человека и качество его работы. В лаборатории есть два окна и системы вентиляции, которые могут

обеспечить скорость движения воздуха. Однако эксплуатация оборудования в лаборатории приведет к снижению влажности и повышению температуры воздуха. Для того чтобы обеспечить требуемые показатели микроклимата, необходимо изменить показатели в соответствии с требованиями:

### **Опасности, связанные с током, вызванные разницей потенциалов**

При наличии источника питания всегда существует риск поражения электрическим током. На рабочем месте это называется электрическим риском: она существует более или менее на большинстве рабочих мест.

При использовании электричества на работе очень важны меры предосторожности. В соответствии со стандартом [85] устанавливает предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, предназначенные для проектирования способов и средств защиты людей, при взаимодействии их с электроустановками производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц: 50 Гц ( $U = 2В$ ,  $I = 0,3 мА$ ), 400 Гц ( $U = 3В$ ,  $I = 0,4 мА$ ). С точки зрения электробезопасности [86] оборудование, питаемое напряжением выше 42 В, должно быть заземлено или занулено.

Конструкция, методы и меры защиты электроустановок, соответствующие в ССБТ Электробезопасность [87], обеспечивают защиту человеческого тела от воздействия напряжения и тока. Своевременно проверять и ремонтировать провода оборудования. Прочитать и соблюдать правила техники безопасности для сотрудников. Использовать изолированные резиновые перчатки и защитные очки при работе.

### **Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Стандарты освещения в лаборатории перечислены в таблице 5.3.

Таблица 5.3. 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			
					всего	от общего			
Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	40	10

По размеру объекта исследования в диапазоне от 0,5 до 1,0 мм можно судить, что это зрительные работы со средней точностью (4 разряду). Нормы [88] разных видов освещения для промышленных помещений со зрительными работами четвертого разряда представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4. Требования к освещению помещений промышленных предприятий (средней точности)

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	К <sub>п</sub> , %, не более
Всего	В том числе от общего			
500	200		300	25
				20

Таким образом, спецификация искусственного освещения в лаборатории требует общей системы освещения (300 лк).

Если в рабочей среде не хватает освещения, это приведет к увеличению зрительной нагрузки на сотрудников, развитию глазных заболеваний и других проблем со здоровьем.

### **5.2.2. Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора**

Размер используемой лаборатории составляет 4х6 м, Площадь  $S= 24 \text{ м}^2$  высота лаборатории:  $H= 3 \text{ м}$ , высота рабочего стола  $h_{pc}= 1\text{м}$ , коэффициент неравномерности освещения (для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1)  $Z= 1,1$ , коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника  $k= 1,5$ .

Расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью( $h$ ):

$$h = H - h_{pc} = 3 - 1 = 2 \text{ м}$$

Для освещения используются светильники типа ОД мощностью 40 Вт, для которых оптимальность расположения светильников составляет  $\lambda = 1,4$ .

Расчетная длина между двумя рядами светильников:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2 = 2,8 \text{ м}$$

Число рядов светильников:

$$n = \frac{\text{Ширина}}{L} = \frac{6}{2,8} = 2$$

При длине светильника 1,3 м, их общая длина составляет:

$$1,3 \cdot 2 = 2,6 \text{ м}$$

Расстояние между светильниками при этом составит:

$$\frac{6-2,6}{2+1} = 1,1 \text{ м}$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A+B)} = \frac{24}{2(4+6)} = 1,2$$

Коэффициент использования светового потока  $\eta = 42\%$ . В светильнике две лампы, световой поток каждой равен 2480 лм, соответственно световой поток светильника в два раза больше и составляет 4960 лм.

$$E_{\text{факт}} = \frac{N \cdot \eta \cdot \Phi}{S \cdot k \cdot Z} = \frac{4 \cdot 42\% \cdot 4960}{24 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 210 \text{ лк}$$

$N$  - число светильников над освещаемой поверхностью.

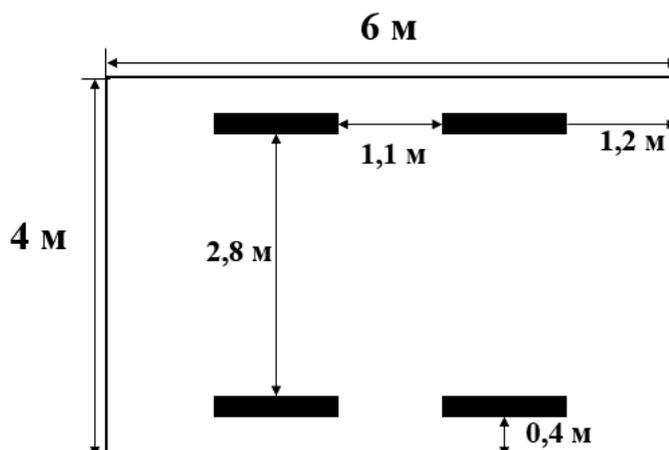


Рисунок 5.1. Схема расположения светильников

Рассчитав освещение в лаборатории, можно обнаружить, что фактическое значение освещенности не соответствует диапазону искусственного освещения 300-500 Люкс:  $E_{\text{факт}} = 210$  лк, то означает отсутствие освещения. Чтобы улучшить условия освещения в лаборатории, окна следует содержать в чистоте, чтобы обеспечить естественное освещение, и следует увеличить количество источников искусственного света, таких как люминесцентные лампы и светодиодные лампы.

### **5.3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения**

Наночастицы в процессе их производства и использования, из-за их небольшого размера, они имеют возможность выбрасываться в окружающую среду. Наночастицами, использованными в этом исследовании, являются Al и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

В ходе эксперимента возможными путями выброса наночастиц в окружающую среду являются: когда готовится суспензия, наночастицы выбрасываются в атмосферу; наночастицы попадают в гидросферу при очистке прибора.

#### ***5.3.1. Воздействие на атмосферу***

Для частиц различных размеров, которые существуют в атмосфере, наночастицами представляет собой частицу диаметром от 1 до 100 нм. Время взвешивания частиц диаметром 0,1-10 мкм в атмосфере составляет около 1 недели. Более крупные частицы удаляются путем осаждения, а более мелкие частицы могут быть удалены только путем диффузии и затвердевания. Из-за их ультратонкого размера они могут находиться во взвешенном состоянии в атмосфере в течение длительного времени и могут вызвать проблемы со здоровьем человека после воздействия.

Наночастицы могут рассеиваться в воздухе и попадать в атмосферу. Допустимая концентрация наночастиц в воздухе рабочего места указана в ГОСТ 12.1.005-88 [82]. Al: 2 мг/м<sup>3</sup> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 6 мг/м<sup>3</sup>. Чтобы предотвратить попадание наночастиц в атмосферную среду, в лабораторном помещении следует использовать систему вентиляции с системой фильтрации.

#### ***5.3.2. Воздействие на гидросферу***

В ходе исследования в различных контейнерах, используемых для хранения суспензии, могут быть остаточные наночастицы. При чистке инструментов наночастицы могут попадать в гидросферу через систему подачи воды. Присутствие большого количества наночастиц в воде опасно для людей,

животных и растений. Если в воде, сброшенной после эксперимента, содержится большое количество наночастиц, сточные воды необходимо очистить. Наночастицы в воде могут быть извлечены с помощью таких методов, как экстракция, дистилляция, адсорбция, обратный осмос и ультрафильтрация. В этом эксперименте, количество отходов, поступающих в воду в течение исследуемого периода, не превышало ПДК 0,5 мг/л [89].

## **5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения**

### **5.4.1. Возможные ЧС**

Наиболее типичной чрезвычайной ситуацией является пожар в лаборатории. Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу В, т.к. в нем присутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии [90].

Ситуации, которые могут привести к пожару, включают: использование открытого огня в помещении, неисправности линий, отказы оборудования, чрезмерный ток и искры. Чтобы избежать пожара в лаборатории, необходимо обеспечить правильную работу оборудования, чтобы предотвратить отказ, вызывающий электрические искры. Все сотрудники лаборатории должны пройти инструктаж по противопожарной защите. Лаборатория должна быть оснащена противопожарным оборудованием и первичным противопожарным оборудованием, средствами индивидуальной защиты и источниками воды, отвечающими требованиям пожарной безопасности. Когда в лаборатории возникает пожар, сначала следует отключить систему вентиляции, чтобы предотвратить быстрое распространение пламени притоком воздуха, и попытаться использовать огнетушитель для тушения источника пожара. Если пожар слишком велик, чтобы его можно было потушить самостоятельно, его необходимо немедленно эвакуировать.

## 5.5. Выводы по разделу

Среди всех изученных факторов производства на рабочем месте большинство элементов в основном соответствуют стандартам, приведенным в этом разделе. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны отвечает требованиям эргономики и облегчает проведение исследований.

В лаборатории при использовании приборов возникает шум. Если оборудование работает в течение длительного времени, требуется звукоизоляция в соответствии со стандартами [81].

Требования к микроклимату помещения относятся к категории работ «Легкая Ia» [82]. Для улучшения микроклимата, применяются качественные вентиляция и регулярно уборка помещений;

Лаборатория относится к помещению повышенной опасности поражения электрическим током [91]. Электробезопасность обеспечивается мерами: изоляция рабочего места; заземления; указатели напряжения и др. Требования к работникам, допущенным к выполнению работ в лабораторных электроустановках, должны иметь группу по электробезопасности не ниже IV [92].

Работа относится к зрительным работам средней точности, для этой работы более очевидным вредным фактором является отсутствие искусственного освещения на рабочем месте, фактическое значение освещенности не соответствует диапазону искусственного освещения 300-500 Люкс [88]:  $E_{\text{факт}}=210$  лк. Нужно открыть окно для естественного освещения или использовать комбинацию освещения.

Во время лабораторных работ образуются твердые и жидкие отходы, которые могут повлиять на атмосферу и гидросферу. В целях обеспечения экологической безопасности установлена система вентиляции с системой фильтрации, а также специальные контейнеры для хранения химических отходов.

Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу В СП 12.13130.2009 [90]. Во избежание пожара обеспечение правильного

теплового и электрического режима работы оборудования, участок обеспечивается средствами тушения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. De Luca L.T. Overview of Al-based nanoenergetic ingredients for solid rocket propulsion // *Defence Technology*. – 2018. – Vol.14. – P.357-365.
2. Hassanpour P., Panahi Y., Ebrahimi-kalan A., Davaran S., Nasibova A., Khalilov R., Kavetsky T. Biomedical applications of aluminium oxide nanoparticles // *Micro and Nano Letters*. – 2018. – Vol.13. – P.1227–1231.
3. Hanemann T., Szabó D.V. Polymer-nanoparticle composites: from synthesis to modern applications // *Materials*. – 2010. – Vol.3. – P.3468-3517.
4. Colvin V.L. The potential environmental impact of engineered nanomaterials // *Nature Biotechnology*. – 2003. – Vol. 21. – P.1166–1170.
5. Nair R. Effects of nanoparticles on plant growth and development // *Plant Nanotechnology*. ed. Kole C., Kumar D., Khodakovskaya M. – 2016. – Chapter 5. – P.95-117.
6. Ruttkay-Nedecky B., Krystofova O., Nejdil L., Adam V. Nanoparticles based on essential metals and their phytotoxicity // *Journal of Nanobiotechnology*. –2017. – Vol. 15. – P. 33.
7. Arora S., Sharma P., Kumar S., Nayan R., Khanna P.K., Zaidi M.G.H., Gold nanoparticle induced enhancement in growth and seed yield of Brassica juncea. // *Plant Growth Regulation*. – 2012. – Vol.66. – P.303–310.
8. Tarafdar J.C., Xiang Y., Wang W.N., Dong Q., Biswas P., Standardization of size, shape and concentration of nanoparticle for plant application // *Applied Biological Research*. – 2012. – Vol.14. – P.138–144.
9. Kopittke P.M., Menzies N.W., Wang P., Blamey F. P. C. Kinetics and nature of aluminium rhizotoxic effects: a review // *Journal of Experimental Botany*. – 2016. – Vol.67. – P.4451–4467.
10. Auffan M., Rose J., Bottero J.Y., Lowry G.V., Jolivet J.P., Wiesner M.R., Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective // *Nature Nanotechnology*. – 2009. – Vol.4. – P.634–641.

11. Wang J.Y., Wu S.Z., Suo X.K., Liao H.L., The processes for fabricating nanopowders // *Advanced nanomaterials and coatings by thermal spray*, ed. Yang G.-J., Suo X. – Elsevier, 2019. – Chapter 2. – P.13-25.
12. Robidillo C.J.T., Wandelt S., Dalangin R., Zhang L., Yu H., Meldrum A., Campbell R.E., Veinot J.G.C., Ratiometric detection of nerve agents by coupling complementary properties of silicon-based quantum dots and green fluorescent protein // *ACS Applied Materials & Interfaces*. – 2019. – Vol.11. – P.33478–33488.
13. Yu E.Y., Chandrasekharan P., Berzon R., Tay Z. W., Zhou X. Y., Khandhar A.P., Ferguson R.M., Kemp S.J., Zheng B., Goodwill P.W., Wendland M.F., Krishnan K.M., Behr S., Carter J., Conolly S.M., Magnetic particle imaging for highly sensitive, quantitative, and safe in vivo gut bleed detection in a murine model // *ACS Nano*. – 2017. – Vol. 11. – P.12067–12076.
14. Jain U., Chauhan N. Glycated hemoglobin detection with electrochemical sensing amplified by gold nanoparticles embedded N-doped graphene nanosheet. // *Biosens. Bioelectron.* – 2017. – Vol. 89. – P.578–584.
15. Wang Z.L., Song J.H. Piezoelectric nanogenerators based on zinc oxide nanowire arrays // *Science*. – 2006. – Vol.312. – P.242–246.
16. Li P., Li Y., Ying B., Yang M. Electrospun nanofibers of polymer composite as a promising humidity sensitive material // *Sensors & Actuators B: Chemical*. – 2009. – Vol.141. – P.390-395.
17. Sun Z, Liu C.Y., Li X.S., Fang Y.R., Zhu X.B., Zhu A.M., Semi-transparent nanofilms of plasmonic Au/TiO<sub>2</sub> for visible-light photocatalysis // *Materials Chemistry and Physics*. – 2022. – Vol.280. – P.125773.
18. Kang J., Zhang Y., Wen Y.H., Zheng J.C., Zhu Z.Z. First-principles study on the structural and electronic properties of ultrathin ZnO nanofilms // *Physics Letters A*. – 2010. – Vol.374. – P. 1054-1058.
19. Liao N., Li Y.W., Shan J.B., Zhu T.B., Sang S.B., Jia D.C., Improved oxidation resistance of expanded graphite through nano SiC coating // *Ceramics International*. – 2018. – Vol.44. – P. 3319-3325.

20. Basha G.M.T., Srikanth A., Venkateshwarlu B., A critical review on nano structured coatings for alumina-titania ( $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ ) deposited by air plasma spraying process (APS) // *Materials Today: Proceedings*. – 2020. – Vol.22. – P. 1554-1562.
21. Ogawa N., Hirohata Y., Sasaki Y.C., Ishikawa A. Time-resolved measurement of the three-dimensional motion of gold nanocrystals in water using diffracted electron tracking // *Ultramicroscopy*. – 2014. – Vol.140. – P.1-8.
22. Yang C.Z., He H.Y., Jiang Q.G., Liu X.Y., Shah S.P., Huang H.J., Li W.H. Pd nanocrystals grown on MXene and reduced graphene oxide co-constructed three-dimensional nanoarchitectures for efficient formic acid oxidation reaction // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2021. – Vol.46. – P.589-598.
23. Nyangiwe N.N., Ouma C.N.M, Competitive and multiple adsorption of humic and fulvic acids on spherical silver and gold engineered nanoparticles in aqueous media: A first-principles study // *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*. – 2021. – Vol. 16. – P.100586.
24. Suber L., Fiorani D., Imperatori P., Foglia S., Montone A., Zysler R., Effects of thermal treatments on structural and magnetic properties of acicular  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  nanoparticles // *Nanostructured Materials*. – 1999. – Vol.11. – P. 797-803.
25. Fang X., Ding Q., Fan L.W., Yu Z.T., Xu X., Cheng G.H., Hu Y.C., Cen K.F., Thermal conductivity enhancement of ethylene glycol-based suspensions in the presence of silver nanoparticles of various shapes. // *Journal of Heat Transfer*. – 2014. – Vol.136. – P.034501.
26. Hwang E.Y., Lee J.H., Lim D.W., Janus bimetallic nanorod clusters–poly(aniline) nanocomposites with temperature-responsiveness for Raman scattering-based biosensing // *Journal of Materials Chemistry B*. – 2021. – Vol.9. – P.5293-5308.
27. Radi A., Pradhan D., Sohn Y., Leung K., Nanoscale shape and size control of cubic, cuboctahedral, and octahedral Cu-Cu<sub>2</sub>O core-shell nanoparticles on Si (100) by one-step, templateless, capping-agent-free electrodeposition // *ACS Nano*. – 2010. – Vol. 4. – P.1553-1560.

28. Jiang J., Chen P., Qiu J., Sun W., Chizhik S.A., Makhaniok A.A., Melnikova G.B., Kuznetsova T.A. Dynamic mechanical contact behaviors and sintering mechanism of Al nanoparticles subjected to high-speed impact // *Materials Chemistry and Physics*. – 2021. – Vol.273. – P.125111.
29. Singh J.P., Nandi T., Ghosh S. K., Srivastava J., Tripathi S. K., Eswara P.N. Carbon nanoparticle synthesis, separation, characterization, and tribological property evaluation // *Separation Science and Technology*. – 2018. – Vol.53. – P.2314-2326.
30. Wang G.Y., Wen S.G., Qian S.P., Wang J.H., Wang C.R., Chen Y.B., Synthesis of novel nano hyperbranched polymer resin and its corrosion resistance in coatings // *Progress in Organic Coatings*. – 2020. – Vol.140. – P.105496.
31. Sadoun A.M., Fathy A. Experimental study on tribological properties of Cu–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanocomposite hybridized by graphene nanoplatelets // *Ceramics International*. – 2019. – Vol. 45. – P.24784-24792.
32. Moser B.A., Steinhardt R.C., Esser-Kahn A.P., Surface coating of nanoparticles reduces background inflammatory activity while increasing particle uptake and delivery // *ACS Biomaterials Science and Engineering*. – 2017. – Vol.3(2) – P. 206-213.
33. Pulci G., Paglia L., Genova V., Bartuli C., Valente T., Marra F. Low density ablative materials modified by nanoparticles addition: Manufacturing and characterization // *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. – 2018. – Vol.109. – P.330-337.
34. Ali M.E., Ullah M., Maamor A., Hamid S.B.A. Surfactant assisted ball milling: a simple top down approach for the synthesis of controlled structure nanoparticle // *Advanced Materials Research*. – 2014. – Vol.832. – P.356–361.
35. Reverberi A.P., Vocciante M., Salerno M., Caratto V., Fabiano B. Bi nanoparticles synthesis by a bottom-up wet chemical process // *Chemical Engineering Transactions*. – 2019. – Vol.73. – P. 283–288.

36. Sindhu T.K., Sarathi R., Chakravarthy S.R. Generation and characterization of nano aluminium powder obtained through wire explosion process // *Bulletin of Materials Science*. – 2007. – Vol.30. – P.187–195.
37. Altuwirqi R.M., Baatiyah B., Nugali E., Hashim Z., Al-Jawhari Hala Synthesis and characterization of aluminum nanoparticles prepared in vinegar using a pulsed laser ablation technique // *Journal of Nanomaterials*. – 2020. – Vol. 2020. – P.1327868.
38. Ghanta S.R., Muralidharan K. Chemical synthesis of aluminum nanoparticles // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2013. – Vol.15. – P.1715.
39. Juárez R.L., Perez N.R., Juache T.P., Cristobal O.H., López S.Y.R., Synthesis of  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> from aluminum cans by wet-chemical methods // *Results in Physics*. – 2018. – Vol.11. – P.1075-1079.
40. Rogojan R., Andronescu E., Ghițulică C., Vasile B.S. Synthesis and characterization of alumina nano-powder obtained by sol-gel method // *UPB Scientific Bulletin, Series B: Chemistry and Materials Science*. – 2011. – Vol.73. – P. 67-76.
41. Suchanek W.L. Hydrothermal synthesis of alpha alumina ( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) powders: study of the processing variables and growth mechanisms // *Journal of the American Ceramic Society*. – 2010. – Vol.93. – P.399-412.
42. Azhagurajan A., Selvakumar N., Bouillard J., Dufaud O., Perrin L., Laurent A., Thomas D. Impact of nano particles on safety and environment for fireworks chemicals // *Process Safety and Environmental Protection*. – 2014. – Vol. 92. – P. 732-738.
43. Jiang B.Y., Lin B.Q., Shi S.L., Zhu C.J., Li W.X., Explosive characteristics of nanometer and micrometer aluminum powder // *Mining Science and Technology (China)*. – 2011. – Vol.21 (5). – P. 661-666.
44. Naqvi S.R., Hussain T., Luo W., Rajeev A. Metallized siligraphene nanosheets (SiC<sub>7</sub>) as high-capacity hydrogen storage materials // *Nano Research*. – 2018. – Vol.11. – P.3802–3813.

45. Lee H.S., Singh J.K., Ismai M.A., Bhattacharya C., Seikh A.H., Alharthi N., Hussain R.R. Corrosion mechanism and kinetics of Al-Zn coating deposited by arc thermal spraying process in saline solution at prolong exposure periods // *Scientific Reports*. – 2019. – Vol.9. – P.3399.
46. Lu P.J., Huang S.C., Chen Y.P., Chiueh L.C., Shih D.Y.C. Analysis of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in cosmetics // *Journal of Food and Drug Analysis*., – 2015. – Vol.23. – P. 587-594.
47. Ali S., Abbas Y., Zuhra Z., Butler I.S. Synthesis of  $\gamma$ -alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) nanoparticles and their potential for use as an adsorbent in the removal of methylene blue dye from industrial wastewater // *Nanoscale Advances*. – 2019. – Vol. 1(1). – P.213–218.
48. Hassanpour P., Panahi Y., Ebrahimi-kalan A., Davaran S., Nasibova A., Khalilov R., Kavetsky T. Biomedical applications of aluminium oxide nanoparticles // *Micro and Nano Letters*. – 2018. – Vol.13. – P.1227–1231.
49. Maquieira A., Brun E.M., García M.G., Rosa P. Aluminum oxide nanoparticles as carriers and adjuvants for eliciting antibodies from non-immunogenic haptens // *Analytical Chemistry*. – 2012. – Vol.84. – P. 9340-9348.
50. Rahaman M.N., Sonnybal B. New ceramics and composites for joint replacement surgery // *Biomaterials for Artificial Organs*. Ed. Lysaght M., Webster T.J. – Woodhead Publishing, 2011. – Chapter 7. – P. 185-206.
51. Mustafa G., Sakata K., Komatsu S. Proteomic analysis of flooded soybean root exposed to aluminum oxide nanoparticles // *Journal of Proteomics*. – 2015. – Vol.128. – P. 80-297.
52. Lee C.W., Mahendra S., Zodrow K., Li D., Thai Y.C., Bream J., Alvarez P.J.J. Developmental phytotoxicity of metal oxide nanoparticles to *Arabidopsis thaliana* // *Environmental Toxicology and Chemistry*. – 2010. – Vol.29. – P.669-675.
53. Hayes K.L., Julie M., Song B.Y., Sani E.S., Eisenman S.W., Sheffield J.B., Kim B. Effects, uptake, and translocation of aluminum oxide nanoparticles in lettuce: A

- comparison study to phytotoxic aluminum ions // *Science of The Total Environment*. – 2020. – Vol.719. –P.137393.
54. Lin D., Xing B. Phytotoxicity of nanoparticles: Inhibition of seed germination and root growth // *Environmental Pollution*. – 2007. – Vol.150. – P. 243-250.
55. Doshi R., Braida W., Christodoulatos C., Wazne M., O'Connor G. Nano-aluminum: Transport through sand columns and environmental effects on plants and soil communities // *Environmental Research*. – 2008. – Vol.106. – P. 296-303.
56. Karunakaran G., Suriyaprabha R., Rajendran V., Kannan N. Influence of ZrO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub> nanoparticles on maize seed germination under different growth conditions // *IET Nanobiotechnology*. – 2016. – Vol.10. – P.171-177.
57. Yanık F., Vardar F. Toxic effects of aluminum oxide (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) nanoparticles on root growth and development in *Triticum aestivum* // *Water, Air, & Soil Pollution*. – 2015. – Vol.9. – P.226-296.
58. Yanık F., Aytürk Ö., Vardar F. Programmed cell death evidence in wheat (*Triticum aestivum* L.) roots induced by aluminum oxide (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) nanoparticles // *Caryologia*. – 2017. – Vol.70. – P. 112-119.
59. Scherer M.D., Sposito J.C.V., Falco W.F., Grisolia A.B., Andrade L.H.C., Lima S.M., Machado G., Nascimento V.A., Gonçalves D.A., Wender H., Oliveira S.L., Caires A.R.L., Cytotoxic and genotoxic effects of silver nanoparticles on meristematic cells of *Allium cepa* roots: A close analysis of particle size dependence // *Science of The Total Environment*. – 2019. – Vol.660. – P.459-467.
60. Thuesombat P., Hannongbua S., Akasit S., Chadchawan S., Effect of silver nanoparticles on rice (*Oryza sativa* L. cv. KDML105) seed germination and seedling growth // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2014. – Vol. 104. – P. 302-309.
61. Abdel-Azim E.A., Elsayed B.A. Phytotoxicity of silver nanoparticles on *Vicia faba* seedlings // *New York Science Journal*. – 2013. – Vol.6. – P. 148-156.
62. Owji H., Hemmati S., Heidari R., Hakimzadeh M., Effect of alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) nanoparticles and macroparticles on *Trigonella foenum-graceum* L. in vitro

- cultures: assessment of growth parameters and oxidative stress-related responses // 3 Biotech. – 2019. – Vol. 9(11). –P:419.
63. Zhang R., Zhang H., Tu C., Hu X., Li L., Luo Y., Christie P., Phytotoxicity of ZnO nanoparticles and the released Zn (II) ion to corn (*Zea mays* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) during germination // Environmental Science and Pollution Research. – 2015. –Vol. 22. – P. 11109–11117.
64. Chen J., Dou R., Yang Z., You T., Gao X., Wang L. Phytotoxicity and bioaccumulation of zinc oxide nanoparticles in rice (*Oryza sativa* L.) // Plant Physiology and Biochemistry. – 2018. – Vol.130. – P.604-612.
65. Hao Y., Xu B.L., Ma C.X., Zhang J.Y., Gu W.Q., Li W., Hou T.Q., Xiang Y.X., Cao W.D., Xing B.S., Rui Y., Synthesis of novel mesoporous carbon nanoparticles and their phytotoxicity to rice (*Oryza sativa* L.) // Journal of Saudi Chemical Society. –2019. – Vol.23. – P. 75-82.
66. Filiz V., Fatma Y. Toxic effects of aluminum oxide (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) nanoparticles on root growth and development in *Triticum aestivum* // Water, Air, & Soil Pollution. – 2015. – P. 226-296.
67. Riahi M.A., Rezaee F., Jalili V. Effects of alumina nanoparticles on morphological properties and antioxidant system of *Triticum aestivum* // Iranian Journal of Plant Physiology. – 2012. – Vol. 3 (1). – P. 595-603.
68. Nimisha A., Singh N.B., Yadav Kavita, Singh S.C., Pandey J.K. Comparative studies of Al<sup>3+</sup> ions and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles on growth and metabolism of cabbage seedlings // Journal of Biotechnology. – 2017. – Vol. 254. – P. 1-8.
69. Brunauer S., Emmett P.H., Teller E., Adsorption of gases in multimolecular layers // Journal of the American Chemical Society. – 1938. – Vol. 60. – P. 309-319.
70. Hewitt E. J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition, // Commonwealth Agricultural Bureaux, –1966. – P. 547.
71. Trejo-Téllez L.I., Gómez-Merino F.C., Nutrient solutions for hydroponic systems // Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches. – 2012. – IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/37578>.

72. Вахмистров Д.Б. Пространственная организация ионного транспорта в корне. – М.: Наука, 1991. – 49 с. Колосов И.И. Поглощительная деятельность корневых систем растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 175 с. Генкель П.А. Общие закономерности физиологии устойчивости растений // Физиология сельскохозяйственных растений. – М.: Изд-во МГУ, 1967. – С. 87-100.
73. Josko I., Oleszczuk P. Influence of soil type and environmental conditions on ZnO, TiO<sub>2</sub> and Ni nanoparticles phytotoxicity // Chemosphere. – 2013. – Vol. 92. – P. 91-99.
74. Hussain Z., Mustafa G., Sakata K., Komatsu S. Insights into the proteomic response of soybean towards Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, and Ag nanoparticles stress // Journal of Hazardous Materials. – 2016. – Vol.304. – P.291-305.
75. Постановление Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 N 1/29 (ред. от 30.11.2016) "Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций".
76. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).
77. ГОСТ 22269-76 Система "Человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
78. ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный Стандарт Система Стандартов Безопасности Труда Опасные И Вредные Производственные Факторы Классификация.
79. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (дата введения: 01.11.2015).
80. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1) / ГОСТ от 06 июня 1983 г.

81. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация (дата введения: 01.07.1981).
82. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (дата введения: 01.01.1989).
83. ГН 2.2.5.3532-18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 13.02.2018 № 25).
84. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (дата введения: 01.01.1977).
85. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
86. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1).
87. ГОСТ 12.1.019-79. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
88. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\* (дата введения: 08.05.2017).
89. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (утв. 30.04.2003, с изменениями на 13.07.2017).
90. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности (с Изменением N 1).
91. Правила устройства электроустановок, седьмое издание, дата введения 2003-01-01.
92. Министерство Труда И Социальной Защиты Российской Федерации, Приказ, об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок, от 15 декабря 2020 года N 903н.

## СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

1. Лян Шиюэ. Влияние алюминия в разной форме на биометрические параметры проростков //Материалы международной научно-технической конференции молодых ученых, 19-21 января 2021 г., г. Минск, Республика Беларусь, 2021. С. 264-266.
2. Лян Шиюэ. Влияние размера наночастиц на корнеобразование пшеницы // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов сборник докладов I международной научно-практической конференции, 27-29 апреля 2021 г., г. Томск: Изд-во ТПУ, 2021. С. 358-362.
3. Лян Шиюэ. Влияние условий культивирования пшеницы на биометрические параметры проростков // Материалы научная инициатива иностранных студентов и аспирантов сборник докладов II международной научно-практической конференции, 26-28 апреля 2022 г., г. Томск: Изд-во ТПУ, 2022. - в печати.

## Приложение А

Influence of aluminum-containing nanoparticles on wheat root formation under different experimental conditions

Студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО.</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4БМ02	Лян Шиюэ		

Консультант школы ШБИП:

<b>Должность</b>	<b>ФИО.</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель	Демьяненко Н.В.			