

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) Материаловедение и технологии материалов
 Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы			
"Зеленый" ингибитор коррозии металлов на основе наночастиц оксидов металлов			
УДК 620.197.3:661.8'02-022.532			
Студент			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Пэн Лижу		

Руководитель ВКР

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

Нормоконтроль

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Былкона Т. В.	К.Т.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор (О КД, ИШНКБ)	Сечин А. А.	Д.Т.Н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Ваулина О.Ю.	К.Т.Н., ДОЦЕНТ		

Томск – 2020 г.

Результаты обучения по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Код	Результат освоения ООП*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
P1	Применять основные положения и методы гуманитарных наук при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-3, УК(У)-5), <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	Проводить элементарный экономический анализ ресурсов, технологий и производств при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-2), <i>CDIO Syllabus</i> (4.2, 4.3, 4.7, 4.8), требования профессионального стандарта 26.006 – «Специалист по разработке наноструктурных композиционных материалов»
P3	Применять основные методы и инструменты естественных наук и математики при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-1, ОПК(У)-5), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1, 2.1, 2.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Готовность к мотивированному саморазвитию, самоорганизации и обучению для обеспечения профессиональной деятельности в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-6, УК(У)-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>
P5	Использовать принципы принятия проектных решений, управление проектами и выполнение их в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-2, УК(У)-3, ОПК(У)-2, ОПК(У)-3, ПК(У)-9), <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> , требования профессионального стандарта 26.006 – «Специалист по разработке наноструктурных композиционных материалов»
P6	Представлять результаты своей деятельности на иностранном языке (в том числе русском) в научных публикациях и на конференциях различного уровня	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-4, ОПК(У)-4) <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>
P7	Использовать информационное пространство для поиска и анализа данных, включая научные статьи, современные базы данных и техническую документацию при решении профессиональных задач в области материаловедения и технологии материалов	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-1, ОПК(У)-7, ПК(У)-8), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессионального стандарта 26.006 – «Специалист по разработке наноструктурных композиционных материалов»
P8	Использовать методы и приемы организации труда, обеспечивающие экологически, социально и технически безопасное производство	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-8, ОПК(У)-6), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1, 4.3, 4.4, 4.6), Критерий 5 АИОР (п. 2.12.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> ,
P9	Проводить выбор материалов и технологий, используя опыт современного материаловедения с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, Критерий 5 АИОР (п.2.4,2.7), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , (ПК(У)-1, ПК(У)-2, ДПК(У)-1), требования профессионального стандарта 26.006 – «Специалист по разработке наноструктурных композиционных материалов»
P10	Использовать методы комплексной диагностики и моделирования материалов, в том числе наноматериалов различной размерности, при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств	Требования СУОС ТПУ, <i>CDIO Syllabus</i> (4.4, 4.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4, 2.6, 2.7), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессионального стандарта 26.006 – «Специалист по разработке наноструктурных композиционных материалов», (ПК(У)-3, ПК(У)-4)
P11	Эффективно выполнять трудовые функции по реализации высокотехнологичных производств материалов, в том числе с наноразмерными составляющими.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ, <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> , требования профессионального стандарта 26.006 – «Специалист по разработке наноструктурных композиционных материалов», (ПК(У)-5, ПК(У)-6, ПК(У)-7, ДПК(У)-2)

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

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

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

26. 04. 2021 О.Ю. Ваулина

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б72	Пэн Лижу

тема работы:

"Зеленый" ингибитор коррозии металлов на основе наночастиц оксидов металлов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 57-53/С от 26.02.2021
Срок сдачи студентом выполненной работы:	08 июня 2021 года

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Разработка ингибитора на основе масла/экстракта пихты и наночастиц оксида цинка для защиты от коррозии металлов
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Составить обзор «зеленых» ингибиторов, применяемых для защиты металлов от коррозии 2. На основании данных гравиметрических испытаний сталей оценить эффективность ингибиторов в растворе сильных кислот 3. На основании данных потенциометрических испытаний сталей оценить эффективность ингибиторов в растворе разбавленных электролитов 4. На основании данных потенциодинамических испытаний латуни оценить эффективность ингибиторов в растворе разбавленных электролитов

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкона Т. В. Доцент к.т.н
Социальная ответственность	Сечин А. А. д.т.н.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	26. 04. 2021
--	--------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Пэн Лижу		

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

Студенту:

Группа	ФИО
154Б72	Пэн Лижу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	12.03.04 Материаловедение и технология материалов

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2021г.
---	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН, ШБИП	Былкона Гальяна Васильева	Канд.экон.наук		01.02.2021г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Пэн Лижу		01.02.2021г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
154Б72	Пэн Лижу

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

Тема ВКР:

"Зеленый" ингибитор коррозии металлов на основе наночастиц оксидов металлов	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объект: создание «зеленого» ингибитора коррозии металлов на основе наночастиц оксида металла. Область применения: Защиты металлы от коррозии или замедляйте коррозию.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Трудовой кодекс Российской Федерации – ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ – ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Отклонение показателей микроклимата. 2. Превышение уровня шума. 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. 5. Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания
3. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы). Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы). Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– Авария, взрыв, пожар

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б72	Пэн Лижу		

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

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

Уровень образования: бакалавриат

Период выполнения: весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.04.2020	Литературный обзор по теме бакалаврской работы	20
30.05.2020	Выполнение эксперимента по теме работы	30
15.06.2020	Обсуждение результатов и оформление работы	50

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

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

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: 72 с., 15 рис., 39 табл., 27 источников.

Ключевые слова: Ингибиторы коррозии, масло пихты, экстракт пихты, «зеленый» ингибитор, наночастицы оксида цинка.

Объектом исследования являются: суспензии на основе наночастиц оксида цинка и экстракта/масла пихты; низколегированная сталь, латунь.

Цель работы – разработка ингибитора на основе масла/экстракта пихты и наночастиц оксида цинка для защиты от коррозии металлов.

В процессе исследования: проводились обзор литературы, посвященный разработке и применению зеленых ингибиторов; оценка защитных свойств ингибиторов на основе НЧ оксида цинка в смеси экстрактом и маслом пихты для защиты стали и латуни.

Методы исследования: гравиметрия, потенциометрия, коррозионные диаграммы, испытания в среде электролитов.

В результате исследований установлено, что использование наночастиц эффективно во всех исследуемых системах; ингибитор позволяет снизить скорость коррозии в 1,5 – 100 раз в зависимости от среды и условий испытаний.

Степень реализации: НИР

Сфера применения: решение актуально как для предприятий, эксплуатирующих металлическое оборудование, музеев, реставрационных мастерских.

Экономические преимущества: разработанный ингибитор готовится из дешевого и доступного сырья, производимого на территории РФ; обработка поверхности металла ингибитором не требует специальной квалификации.

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

НЧ	–	наночастица (ы)
ПДП	–	потенциодинамическая поляризация
НРС	–	нанораспылительная сушка
УЗ	–	ультразвук
ПЭГ	–	полиэтиленгликоль
E_{corr}	–	потенциал коррозии
I_{corr}	–	ток коррозии
ЭДС	–	электродвижущая сила
E	–	электродный потенциал
РС	–	рапс
МП	–	масло пихты
ЭП	–	экстракт пихты

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	11
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	12
1.1 Ингибиторы коррозии на основе растительного сырья	12
1.2 Ингибиторы коррозии на основе наночастиц оксидов металлов.....	19
1.3 Получение наночастиц оксида цинка	21
ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ	23
2.1 Оборудование и материалы	23
2.2 Методики оценки коррозии устойчивости и поверхности образцов.....	23
2.2.1 Методика подготовки образцов и ингибиторов	23
2.2.2 Гравиметрический метод	26
2.2.3 Потенциометрический метод	26
2.2.4 Методика испытания латуни в растворе NaCl.....	27
2.2.5 Методика регистрации коррозионных диаграмм в растворе NaCl	27
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ	29
3.1. Результаты коррозионных испытаний стальных образцов	29
3.1.1 Гравиметрический метод испытаний в растворе сильных кислот	29
3.1.2 Потенциометрический метод испытаний в растворе слабых электролитов.....	32
3.2 Результаты коррозионных испытаний латунных образцов	35
3.2.1 Визуальный метод испытаний в растворе хлорида натрия	35
3.2.2 Определение потенциалов и токов коррозии в растворе хлорида натрия	37
ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	39
4.1. Общая информация.....	39
4.2 Потенциальные потребители результатов исследования	39
4.3 SWOT-анализ.....	40
4.4 Планирование научно-исследовательских работ.....	43
4.5 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	44
4.6 Бюджет научно-технического исследования(НТИ)	47
4.7 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	47

4.8 Расчет амортизации специального оборудования	48
4.9 Основная заработная плата исполнителей темы	49
4.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	50
4.11 Накладные расходы	51
4.12 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	52
Выводы по разделу	54
ГЛАВА 5. Социальная ответственность	56
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	56
5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.....	56
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	56
5.2 Производственная безопасность	57
5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	58
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего.....	64
5.3 Экологическая безопасность.....	66
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	66
Выводы.....	69
Список используемых источников.....	70

ВВЕДЕНИЕ

Исследование процессов коррозии и разработка методов защиты металлов относится к актуальным научно-техническим задачам. Одним из распространенных методов защиты является применение ингибиторов, позволяющих снизить скорость коррозии металлов и сплавов. В настоящее время изучено огромное количество органических и неорганических веществ, которые оказывают влияние на скорость корродирования металлов в различных средах. Преимущественно находят применение органические ингибиторы, поскольку они способны образовывать защитные пленки на поверхности металлов. К эффективным органическим ингибиторам относятся вещества, содержащие в своем составе атомы азота, серы и кислорода. Однако поиск новых эффективных ингибиторов является актуальной задачей, не теряющей своей значимости в настоящее время.

Установлено, что для снижения скорости коррозии можно использовать натуральные продукты, растения и их экстракты, отходы химических производств. Это направление исследований называют «зеленой химией», а вещества, соответственно «зелеными ингибиторами». Также для улучшения коррозионной защиты в состав ингибиторов можно вводить наночастицы металлов и их оксидов.

Цель работы – разработка ингибитора на основе масла/экстракта пихты и наночастиц оксида цинка для защиты от коррозии металлов

Задачи:

1. Составить обзор «зеленых» ингибиторов, применяемых для защиты металлов от коррозии
2. На основании данных гравиметрических испытаний сталей оценить эффективность ингибиторов в растворе сильных кислот
3. На основании данных потенциометрических испытаний сталей оценить эффективность ингибиторов в растворе разбавленных электролитов
4. На основании данных потенциодинамических испытаний латуней оценить эффективность ингибиторов в растворе разбавленных электролитов

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В обзоре было уделено внимание ингибиторам коррозии на основе растительного сырья. Так как в рамках бакалаврской работе планировалось использовать смеси экстрактов растений и наночастиц оксидов металлов, то для обзора были выбраны, соответственно, два направления:

- ингибиторы на основе растительного сырья;
- синтез и применение наночастиц оксидов металлов в качестве ингибиторов коррозии.

1.1 Ингибиторы коррозии на основе растительного сырья

В работе [1] авторы изучали воздействие ингибиторов на основе растительного сырья на повышение коррозионной стойкости оборудования пищевой отрасли в технологических агрессивных средах.

В исследовании использована малоуглеродистая сталь марки Ст3, которая является одним из наиболее часто используемых конструкционных материалов для изготовления различного вида оборудования пищевой промышленности. Данная марка стали широко применяется в оборудовании по производству сахара и кондитерских изделий, из нее изготовлены лопасти и корпуса диффузионных аппаратов, сетки и рамки дисковых фильтров, трубопроводы подачи диффузионного сиропа и сока. Также данная марка стали используется в производстве спирта и ликероводочных изделий в виде резервуаров для хранения спирта, корпусов бродильных чанов, сортировочного и напорного чанов, трубопроводов для подачи спирта, смесителей мелассы и т. д. При этом сталь марки Ст3 является материалом с невысокой коррозионной стойкостью в ряде сред пищевого производства, поэтому зачастую требуется защита от коррозии.

В качестве агрессивных сред авторами был использован ряд веществ, применяемых в пищевой отрасли. В частности, лимонная, винная, уксусная, соляная кислоты. Как ингибиторы были опробованы рапс (РС) и горчица (ГС). Данные ингибиторы экологичны, содержат атомы О-, N-, и S-, способные к образованию нерастворимых соединений железа, пассивирующих сталь.

Пластины стали марки Ст3 обрабатывали дезинфицирующим раствором 1 н соляной кислоты с добавлением ингибиторов со следующими концентрациями: горчица – 0,3 г/л, рапс – 0,2 г/л.

Эффект воздействия ингибиторов по результатам гравиметрических испытаний представлен на рисунке 1.1.

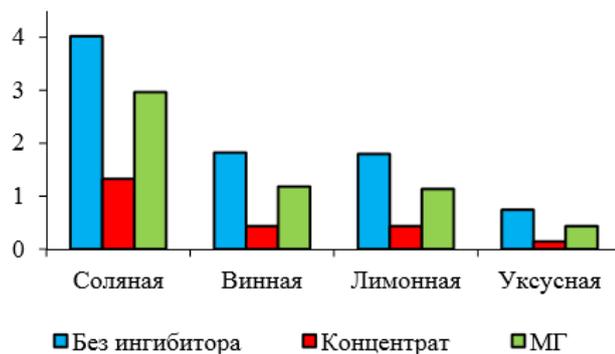


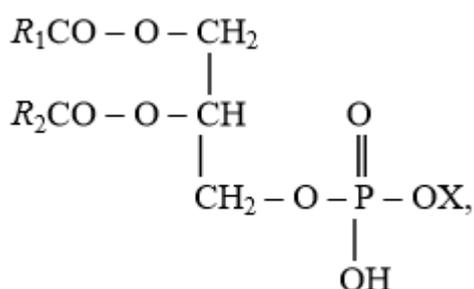
Рисунок 1.1 – Эффект воздействия ингибитора концентрата на образцы стали марки Ст3 в пищевой среде

Было показано, что при повышении температуры от 293 до 333 К степень защиты образца стали марки Ст3 в 1 н растворе соляной кислоты уменьшается при использовании ингибиторов в среднем в два раза. Для всего ряда использованных агрессивных сред была продемонстрирована эффективность работы ингибиторов, которые рекомендуется использовать для защиты аппаратов пищевой отрасли от коррозии путем введения в дезинфицирующий раствор.

Целью работы[2] явилось исследование эффективности защитных покрытий на основе рапсового масла и продуктов очистки отработавших нефтяных масел (ПООМ) при коррозии стали Ст3 при содержании SO₂ в воздухе 0,1–5,0 об.%.

В работе использовано нерафинированное рапсовое масло РМ жирно кислотного состава, указанного в таблице 1.1.

Содержание природных ингибиторов коррозии металлов – фосфолипидов с условной молекулярной формулой



где Ri – углеводородный радикал, X – заместитель, составляло в РМ порядка 3 мас.%. Детализация их состава приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.1 – Состав РМ

Кислота	Формула	M_i , г/моль	ω_i , мас. %
Пальмитиновая (гексадекановая)	$C_{16}H_{32}O_2$	256,42	3,51
Стеариновая (октадекановая)	$C_{18}H_{36}O_2$	284,47	1,59
Олеиновая	$C_{18}H_{34}O_2$	282,45	65,75
Вакценовая	$C_{18}H_{34}O_2$	282,45	0,49
Линолевая (октадекадиеновая)	$C_{18}H_{32}O_2$	280,44	19,5
Линоленовая	$C_{18}H_{30}O_2$	278,42	6,60
Арахидовая (эйкозановая)	$C_{20}H_{40}O_2$	312,52	0,09
Гадолеиновая (эйкозеновая)	$C_{20}H_{38}O_2$	310,50	1,8
(эйкозадиеновая)	$C_{20}H_{36}O_2$	308,48	0,05
Эруковая (доказеновая)	$C_{22}H_{42}O_2$	338,56	0,60
Нервоновая (тетракозеновая)	$C_{24}H_{46}O_2$	366,61	0,02

Таблица 1.2 – Содержание фосфолипидов в используемом рапсовом масле

Компоненты	ω_i , мас. %
Фосфолипиды, % (мас.), всего в т. ч., в % от общего содержания:	0,2–3,6
фосфатидилинозиты	2–12
фосфатидилсерины	15–24
фосфатидилхолины	24–40
фосфатидилэтаноламины	10–23
фосфотидные кислоты	3–19
полифосфатидные кислоты и дифосфатидил-глицерины	0–15
прочие фосфатиды	2–10
Содержание токоферолов, мг/100 г, всего в т. ч., в % от общего содержания:	45
α -токоферол	27
β -токоферол	73

Коррозионные испытания проведены при комнатной температуре на образцах стали Ст3, которые шлифовали, обезжировали ацетоном, сушили, взвешивали и погружали в исследуемый защитный состав на 2 минуты. Затем извлекали и оставляли на сутки в воздухе в вертикально подвешенном состоянии для стока избытка защитной композиции и формирования стационарной пленки.

В результате было показано, что, во-первых, защитная композиция, полученная на базе рапсового масла и продуктов очистки отработавших моторных масел,

позволит снизить скорость коррозии углеродистой стали почти в 32 раза при содержании в воздухе 1,0 об.% SO₂ и в 4 раза в условиях повышения концентрации оксида серы до 5,0 об.%; во-вторых, подавляет катодную и анодную электродные реакции.

Авторы работы [3] также использовали рапсовое масло в качестве ингибитора, смешивая его с эмульгином и использовали для защиты стали.

Исследуемая присадка проявляет ингибирующую способность по отношению к коррозии углеродистой стали, в атмосфере SO₂. Скорость коррозии стали увеличивается с увеличением концентрации сернистого газа в водной среде и в воздушной атмосфере. Защитная эффективность состава на базе рапсового масла возрастает по мере увеличения концентрации полифункциональной присадки эмульгин и достигает максимума в случае концентрации добавки, равной 10 %. При этом скорость коррозии в воздушной среде превышает таковую в водной среде, но защитная пленка эффективнее тормозит скорость коррозии в воздушной среде при высоких содержаниях SO₂.

В работе [4] изучали ингибирование коррозии мягкой стали соединением хиноксалина в солянокислой среде (1 М). Молекулярная структура этого ингибитора показана на рисунке 1.2.

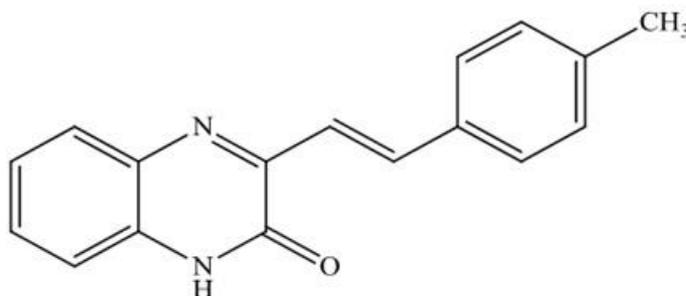


Рисунок 1.2 – Химическая структура (Е) -3-(4-метилстирил) хиноксалин-2 (1H)-она (QNMS).

Библиография сообщает о различных методах получения стирилхиноксалинов. Со своей стороны, мы пробовали разные синтетические способы, которые заключаются в реакции 3-метилхиноксалин-2она с ароматическим альдегидом. Этот метод был осуществлен в отсутствие растворителя, для этого у нас была возможность выделить ожидаемое соединение с выходом в диапазоне от 76% до 93%. Действительно, 12,5 ммоль 3-метилхиноксалин-2-она используют с 50 ммоль

бензальдегида в течение 2 часов при температуре кипения последнего. В конце реакции твердому соединению дают остыть и затем нагревают при 100 °С в течение 10 минут в 80 мл этанола. Продукт осаждается в виде порошка и затем фильтруется.

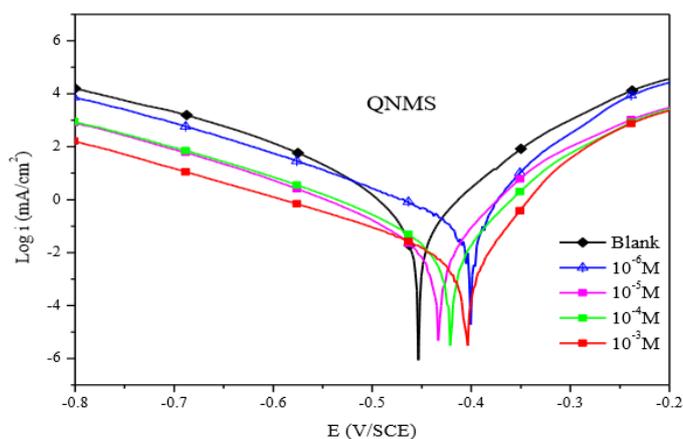


Рисунок 1.3 – Поляризационные кривые из мягкой стали в 1М HCl с и в присутствии ингибитора при 303 К.

Исследование потенциодинамической поляризации (рисунок 1.3) предполагает, что QNMS действует как ингибитор смешанного типа. Адсорбированная пленка QNMS блокирует активные участки, присутствующие на поверхности мягкой стали.

В работе [5] исследована эффективность ингибирования водного экстракта растительного материала, экстракта алоэ вера, в борьбе с коррозией оцинкованного железа (GI), погруженного в раствор HCl и H₂SO₄, в отсутствие и в присутствии ингибитора с использованием метода потери массы.

Водный экстракт готовили путем измельчения свежего экстракта геля алоэ вера, фильтрования и приготовления раствора с использованием дистиллированной воды.

Три образца GI были погружены в 150 мл растворов HCl и H₂SO₄, содержащих различные концентрации ингибитора, на один день. В конечном итоге эффект алоэ-вера в качестве ингибитора сравнивают в растворе HCl и H₂SO₄, проверяя наличие цинка в растворе с помощью раствора K₄Fe(CN)₆.

Через один день добавьте раствор K₄Fe(CN)₆, чтобы проверить наличие цинка. Фильтруют раствор, используя фильтровальную бумагу Wattman, и измеряют конечный объем собранного раствора и массу фильтрата.

Результаты сведены в таблицах 1.3 и 1.4.

В настоящем исследовании показано, что QNMS ингибирует коррозию мягкой стали, образуя поверхностную пленку на границах раздела металл/электролит. Процент эффективности ингибирования увеличивается с увеличением концентрации ингибитора QNMS. Адсорбция QNMS на поверхности металла соответствует изотерме адсорбции Ленгмюра. Исследование

Таблица 1.3 – Результаты испытания образцов в соляной кислоте

Покрытие алоэ-вера	Начальный объем		Конечный объем собранного раствора (мл)	Вес (г)
	Объем раствора (мл)	Объем алоэ-вера (мл)		
Без покрытия (1)	150	-	132	3
Покрытие алоэ-вера (2)	140	10	138	2.85
Покрытие концентрированным алоэ-вера (3)	120	30	142	2.36

Таблица 1.4 – Результаты испытания образцов в H₂SO₄

Покрытие алоэ-вера	Начальный объем		Конечный объем собранного раствора (мл)	Вес (г)
	Объем раствора (мл)	Объем алоэ-вера (мл)		
Без покрытия (1)	150	-	130	6.24
Покрытие алоэ-вера (2)	140	10	136	0.71
Покрытие концентрированным алоэ-вера (3)	120	30	140	0.5

Ингибирование коррозии является экологически и экономически важным, поскольку оно является серьезной проблемой во всех отраслях промышленности. Установлено, что зеленые ингибиторы эффективны по экологическим и экологическим причинам, поскольку органические ингибиторы коррозии токсичны по своей природе, в то время как зеленые ингибиторы являются биоразлагаемыми, без каких-либо тяжелых металлов и других токсичных соединений и являются недорогими, возобновляемыми и легко доступными. Вышеуказанная работа показывает, что алоэ вера является потенциальным ингибитором коррозии. Маннозо-фосфат является основным компонентом водного экстракта алоэ вера. Обладает превосходной эффективностью подавления коррозии оцинкованного железа в растворе H₂SO₄ и HCl. Комплекс Fe²⁺ алоэ вера обнаружен в защитной пленке.

В исследовании [6] действие углеводов (глюкоза, галактоза, фруктоза, манноза, сахароза, лактоза и мальтоза) в газовой фазе в качестве зеленых ингибиторов для Cu изучено с помощью расчетов молекулярного моделирования.

Было показано, что лактоза демонстрирует хорошую эффективность ингибитора по сравнению с другими ингибиторами.

В работе [7] была проведена оценка эффективности пектина как экологически чистого ингибитора коррозии трубопроводной стали X60 в кислой среде

Использовалась низкоуглеродистая сталь X60, которая представляет собой типичную трубопроводную сталь и соответствует техническим требованиям API X60. Основной состав (мас.%) следующий: C (0,125), Si (0,52), Mn (1,83), Cr (0,121),

Cu (0,296), W (0,134), Ni (0,091), Mo (0,079), Al (0,043), Sn (0,081), Nb (0,053), V (0,078), Pb (0,030), Zn (0,032) и Fe (<96,2).

Три электрохимических метода, а именно потенциодинамическая поляризация, спектроскопия электрохимического импеданса (EIS) и электрохимическая частотная модуляция (EFM), были использованы для изучения коррозионного поведения трубопроводной стали X60 в отсутствие и в присутствии различных концентраций пектина в 0,5 М HCl.

Все эксперименты проводились в ячейке с одним отделением с тремя электродами. Сталь X60 использовалась в качестве рабочего электрода с открытой площадью поверхности 0,7855 см², графитовый стержень и насыщенный каломельный электрод (SCE) использовались как противозлектрод и электрод сравнения соответственно.

Измерение потери веса использовали для оценки влияния температуры на эффективность ингибирования коррозии пектином. Тест проводился в стеклянном реакционном сосуде, содержащем 250 мл тестового раствора, поддерживаемого при 25 и 60°C с помощью термостатированной водяной бани. Испытания проводились при полном погружении в отсутствие и в присутствии ингибитора.

Полученные результаты показывают, что пектин действует как хороший ингибитор кислотной коррозии стали X60. Было обнаружено, что эффект ингибирования коррозии зависит от концентрации ингибитора и температуры; Эффективность ингибирования возрастала с увеличением концентрации пектина и температуры раствора. Исследования потенциодинамической поляризации показывают, что пектин действует как ингибитор смешанного типа, но под катодным контролем. Предполагается, что пектин действует как ингибитор на основании адсорбции его молекул на поверхность стали, что может быть аппроксимировано моделью изотермы адсорбции Ленгмюра. Результаты анализа поверхности с помощью SEM и измерения краевого угла хорошо согласуются и ясно указывают на значительное влияние концентрации ингибитора на эффект ингибирования коррозии. Результаты квантово-химических расчетов дают полезную информацию об активных центрах и параметрах реакционной способности, определяющих активность пектина как хорошего ингибитора коррозии для стали X60.

В [8] в качестве ингибиторов были испытаны смеси биополимеров крахмала и

пектина. Смесь крахмал-пектин показала эффективность ингибирования 74% в исследованиях контроля коррозии мягкой стали в HCl при 303 К. Эпоксидное покрытие, модифицированное смесями биополимеров крахмала и пектина, показало значительное повышение коррозионной стойкости. Смеси биополимера крахмала и пектина улучшили качество покрытия эпоксидной смолы, уменьшили пористость покрытия, увеличили гибкость и уменьшили вязкость эпоксидной смолы.

1.2 Ингибиторы коррозии на основе наночастиц оксидов металлов

В работах [9, 10] авторы использовали частицы оксида циркония в качестве добавки к раствору традиционного ингибитора.

Для приготовления ингибиторов коррозии использовали нанопорошки ZrO_2 и традиционные органические ингибиторы, такие как полиэтиленгликоль (ПЭГ-400) и тиомочевина. Суспензии гидроксидов циркония получали из растворов солей различного состава. Выделение частиц из растворов проводили двумя способами: методом фильтрации (МФ) и нанораспылительной сушкой (НРС) с помощью установки Nanospray Drying B-90.

Полученные растворы ингибиторов обрабатывали ультразвуком (УЗ), для уменьшения агломерации НЧ. Нанесение ингибитора на поверхность стали проводили посредством протирки образцов тканью, пропитанной раствором.

В таблице 1.5 представлены финальные результаты коррозионных испытания для образцов, обработанных и необработанных ингибиторами на основе наночастиц полученных из разных прекурсоров. Лучшие результаты продемонстрировали ингибиторы коррозии на основе наночастиц оксида циркония, полученные из растворов с лимонной кислотой при помощи распылительной сушки без дополнительной УЗ-обработки.

Таким образом, эффективность ингибитора коррозии на основе НЧ ZrO_2 , полученных методом распылительной сушки в 2 раза выше, чем для НЧ полученных методом фильтрации для растворов с ПЭГ и в 4,5 раза для растворов с тиомочевинной.

В [11] был изучен эффект от добавления наночастиц SeO_2 к пектину как ингибитору стали Х60.

В качестве химикатов использовали нитрат церия (IV) аммония $((NH_4)_2Ce(NO_3)_6)$, гидроксид натрия (NaOH), яблочный пектин с молекулярной

массой 75000 г / моль и степенью этерификации 65–70%. все были получены от Sigma-Aldrich. 36% HCl класса AR был получен от Eurostar Scientific Ltd, Великобритания. Металлический субстрат выполнен из низкоуглеродистой стали, соответствующей спецификации материалов API X60.

Таблица 1.5 – Сравнение эффективности ингибиторов на основе ZrO₂ по остаточной массе образцов

Метод получения	Состав раствора для получения частиц ZrO ₂	УЗ-обработка	η, %	
			ТИО	ПЭГ-400
МФ	ZrOCl ₂ + C ₂ H ₅ OH	–	93,01	94,45
		+	97,75	95,55
НРС	ZrO(NO ₃) ₂ + HCit	–	98,54	99,03
		+	97,38	96,38
	ZrO(NO ₃) ₂ + NaCit	+	96,60	95,49
	ZrOCl ₂ + HCit	+	96,43	95,84
	ZrOCl ₂ + NaCit	+	96,02	95,49

Прекурсоры, такие как нитрат церия (IV) аммония и NaOH в соотношении 1: 4 М, полностью растворяли в деионизированной воде, и pH раствора доводили до 12 добавлением нескольких капель 1 М HCl. Приготовленный раствор хорошо перемешивали с помощью магнитной мешалки около 2 ч, а затем полученный раствор помещали в микроволновую печь при температуре 60 °С примерно на 1 ч. Образовавшийся бледно-желтый осадок отфильтровывали и дважды промывали деионизированной водой. Синтезированный порошок отжигался при 130 °С на воздухе в течение 4 ч. Конечным продуктом были наночастицы CeO₂.

На основании полученных результатов было показано, что пектин и CeO₂ действуют как умеренные ингибиторы коррозии для стали в среде 0,5 М HCl. Эффективность ингибирования возрастала с увеличением концентрации пектина и CeO₂. IE для пектина также увеличивался с повышением температуры. Добавление CeO₂ к пектину оказывает как антагонистическое, так и синергетическое действие в зависимости от времени погружения и концентрации CeO₂. Синергетический эффект проявляется при более продолжительном времени погружения и более высокой концентрации CeO₂, в то время как антагонистическое поведение наблюдается при коротком времени погружения и более низкой концентрации CeO₂, что может быть подтверждено расчетными значениями синергетического параметра. Результаты потенциодинамической поляризации показали, что пектин сам по себе и в комбинации с CeO₂ действует как ингибиторы коррозии смешанного типа.

Результаты измерений краевого угла смачивания АТ-IR, SEM и воды ясно указывают на тот факт, что пектин сам по себе и в сочетании с CeO_2 адсорбировался на поверхности металла с образованием защитных пленок.

1.3 Получение наночастиц оксида цинка

В работе [12] нанокристаллический ZnO(M) ($M = \text{Ga, In}$) был синтезирован для газовых сенсоров и прозрачных электродов.

Синтез порошков на основе оксида цинка проводили методом соосаждения из водных растворов нитратов цинка, галлия и индия с использованием NH_4HCO_3 в качестве осадителя (рисунок.1.4).

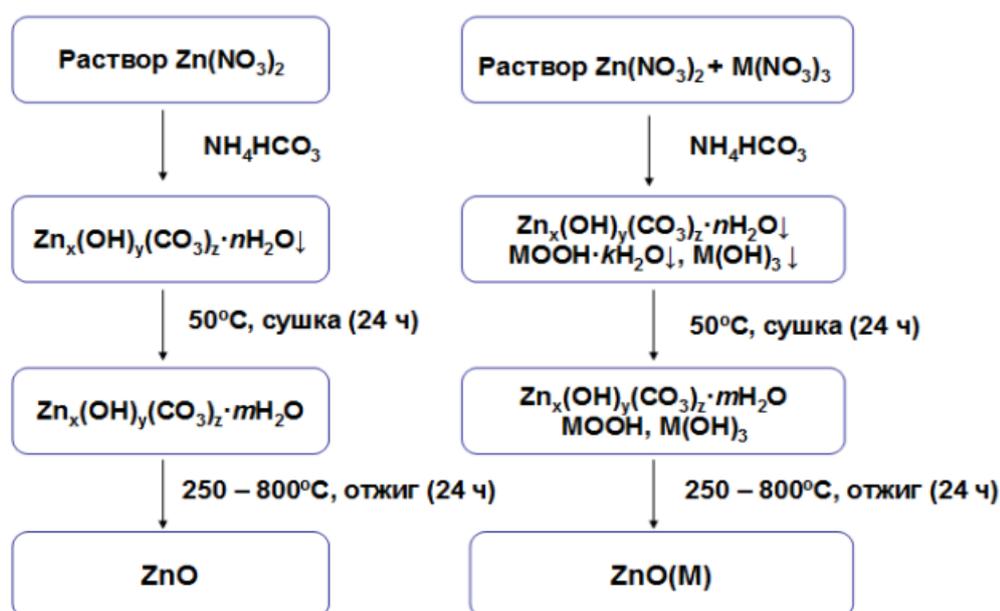


Рисунок.1.4 Схема синтеза нанокристаллических порошков ZnO , ZnO(Ga) , ZnO(In) , ZnO(Ga,In) .

Раствор нитрата цинка (1.23 М) получали растворением оксида цинка в азотной кислоте. Раствор нитрата галлия (0.25 М) получен растворением металлического галлия (99.99 %) в концентрированной азотной кислоте.

Раствор нитрата индия (0.25 М) получали растворением $\text{In(NO}_3)_3 \cdot 4.5\text{H}_2\text{O}$ (ч.) в дистиллированной воде.

Раствор нитратов металлов добавляли по каплям при постоянном перемешивании и температуре 50°C к 1.9 М раствору NH_4HCO_3 . При этом наблюдалось выпадение белого хлопьевидного осадка. Полученную смесь

перемешивали при нагревании в течение 30 минут, затем выдерживали в течение 1 часа при комнатной температуре. Осадок отделяли центрифугированием с последующей декантацией, затем промывали деионизованной водой, сушили при 50°C в течение 24 часов в сушильном шкафу и перетирали в агатовой ступке. Отжиг проводили в муфельной печи на воздухе при температурах 200 – 800°C, время отжига составляло 24 часа.

ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ

2.1 Оборудование и материалы

В качестве объектов исследования коррозионной устойчивости была выбрана инструментальная сталь марки У8А, латунь.

Таблица 2.1 – Химический состав объектов исследования

Содержание элементов стали У8А, %, масс.							
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,75-0,84	0,17-0,33	0,17-0,28	≤0,25	≤0,018	≤0,025	≤0,2	≤0,25
Содержание элементов латуни Л70, %, масс.							
Cu	Pb	Sb	Fe	Bi	Zn		
70	0,05	0,002	0,07	0,002	Остальное (≤29)		

В работе были использованы приборы и реактивы, состав которых представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Оборудование и реактивы

Оборудование	Реактивы
Nano Spray Dryer В-90, (Швейцария); Весы электронные лабораторные ALC-110d4; Мультиметр VC98 0CA+; Сушильный шкаф (ШС-80-01 СПУ) <ul style="list-style-type: none">• Потенциостат CorrTest CS310• Эксикатор лабораторный	Оксихлорид циркония $ZrOCl_2$ Оксинитрат циркония $ZrO(NO_3)_2$ Аммиак NH_3 Наночастицы ZrO_2 (ч); Тиомочевина NH_2CSNH_2 (хч); Полиэтиленгликоль (ПЭГ-200, 400); Кислота азотная HNO_3 (хч); Кислота соляная HCl (хч)

2.2 Методики оценки коррозии устойчивости и поверхности образцов

Оценка были проведены с применением методов гравиметрии, потенциометрии, коррозионных диаграмм.

2.2.1 Методика подготовки образцов и ингибиторов

Подготовка поверхности осуществлялась посредством травления образцов в смеси азотной и соляной кислот с объемной концентрацией 200 об.ч.(HNO_3):300 об.ч.(HCl):500 об.ч.(H_2O).

Для приготовления ингибиторов коррозии использовали нанопорошки ZrO_2 (С = 0,1 %, масс) и традиционные органические ингибиторы, такие как полиэтиленгликоль (ПЭГ-200, 400) (С = 10%, масс). Суспензии гидроксидов

циркония получали из растворов $ZrO(NO_3)_2$ и $ZrOCl_2$. Одна часть порошков была получена по методу химического осаждения, а другая часть с помощью установки Nano Spray Dryer B-90 (рисунок 2.1), по методике, описанной в работе [13]. Для оптимального закрепления ингибитора на поверхности стали была определена наиболее эффективная концентрация ПЭГ – 10 %, масс. и НЧ ZrO_2 – 0,1 %, масс.

Первая суспензия, содержащая наночастицы ZrO_2 , была получена методом обратного осаждения из раствора $ZrOCl_2$ с добавлением водного раствора аммиака (NH_4OH). Полученный осадок промывали дистиллированной водой до удаления побочных продуктов (аммиака) и установления нейтрального pH среды 7.

Приготовление суспензии наночастиц ZrO_2 осуществляли при медленном перемешивании на магнитной мешалке MS-3000. Температурный диапазон эксплуатации от +4 °C до +40 °C (от холодной комнаты до инкубатора) и макс. относительная влажность 80 %.

После получения суспензии был приготовлен 0,5 % раствор тиомочевины, в который была добавлена суспензия наночастиц оксида циркония. В 40 мл 0,5 % раствора тиомочевины добавляли 0,5 мл суспензии, содержащей 38,9-40 мг ZrO_2 . Таким образом, концентрация частиц составляла 0,1 %, масс.

Для приготовления второго ингибитора использовался готовый нанопорошок ZrO_2 , полученный методом распылительной сушки. Нано-распылительная сушилка B-90 была разработана для получения частиц размером от 300 нм до 10 мкм из растворов или суспензий, путем высушивания или инкапсулирования с выходом до 90 %. Размер частиц на выходе зависит в основном от выбранного распылительного колпачка.

Процесс сушки происходит внутри распылительного цилиндра. После установления стабильного газового потока, через распылительную головку в распылительный цилиндр поступают мельчайшие капельки рабочего раствора. Капли образца высыхают в атмосфере горячего воздуха. Из-за небольшого размера высушенных частиц, требуется достаточно сильное электрическое поле, чтобы вывести их из потока осушающего газа. На рисунке 2.1 представлена детальная схема процесса распылительной сушки.

Осушающий газ проходит через нагреватель и поступает на вертикально (или под углом) закрепленную распылительную головку. Капли образца высыхают в

потоке нагретого воздуха по мере движения по распылительному цилиндру. Электрическое поле генерируется благодаря высокому напряжению между электродом-коллектором и электродом высокого напряжения.

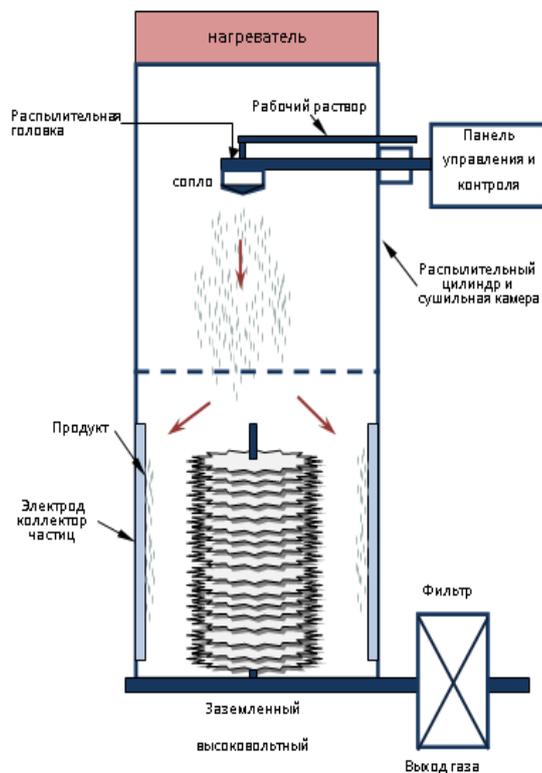


Рисунок 2.1 – Схема установки
– Nano Spray Dryer B-90

В то время как высоковольтный электрод изменяет траекторию частиц (сдвигает в сторону стенок), электрод-коллектор притягивает их. Таким образом, частицы собираются на внутренней стороне электрода-коллектора частиц. По завершении работы установки частицы снимают со стенки колбы с помощью специальной лопатки, получая тем самым нанопорошок. В ходе эксперимента использовали следующие параметры распылительной сушки: скорость газового потока 140 л/мин, относительная интенсивность распыления – 35 – 56 %, $T = 60 - 80$ °С, $P = 120$ Па, время работы установки – 5-15 минут.

Перед испытанием одну часть образцов выдерживали в растворе ингибиторов полиэтиленгликоля и полиэтиленгликоля с добавлением наночастиц ZrO_2 , а другую часть образцов выдерживали в растворе тиомочевины и тиомочевины с добавлением наночастиц ZrO_2 , выбранных в качестве ингибирующей основы.

Чтобы повысить эффективности ингибирования до обработки ингибиторами полученные растворы ингибиторов обрабатывали ультразвуком (УЗ), для уменьшения агломерации НЧ, а так же перед испытанием образцы сталей либо

погружали в раствор ингибитора, либо протирали поверхность тканью, пропитанной раствором.

2.2.2 Гравиметрический метод

Измерение потери массы стальных образцов в среде смеси кислот и соляной кислоты проводили гравиметрическим методом.

При измерениях использовали электронные лабораторные весы ALC-110d4. Потом выдерживали образцы в среде смеси азотной и соляной кислот в течение различных промежутков времени. Затем измеряли потерю массы стальных образцов.

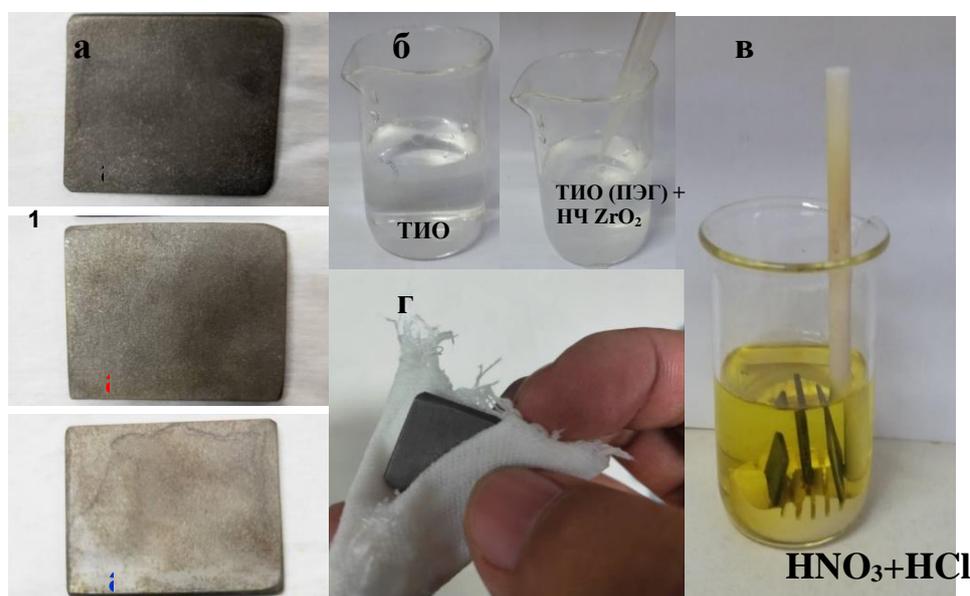


Рисунок 2.2 – Процесс нанесения ингибитора и методики гравиметрии: а) – образцы У8А – а₁–без обработки, а₂–после обработки с ингибиторами ТИО (ПЭГ), а₃–после обработки с ингибиторами ТИО (ПЭГ) + НСl ZrO₂; б) – готовые ингибиторы; в) – процесс травления; г) – процесс нанесения ингибитора с помощью мех. втирки

2.2.3 Потенциометрический метод

Исследования проводили в трех средах: кислой, щелочной и нейтральной. Перед измерением электрод выдерживали в средах различных ингибиторов. Изменение потенциала стальных электродов было проведено до и после обработки в растворах ингибиторов после выдержки определенных времени в модельных агрессивных средах. Анодом являются стальные электроды у8А, в качестве катода был использован хлорид серебро. Растворы электролитов (0,1 М): NaOH, HCl и NaCl.

При измерениях был использован мультиметр VC98 0CA+.



Рисунок 2.3 – Потенциометрический метод анализа

Стальные электроды представляли собой пластины размером 5×5 мм (1 x 1 см) с припаянными контактами на одной из сторон. Пластины были помещены в стеклянные трубки. Контакты были изолированы парафином (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Фотографии рабочего электрода из стали У8А

2.2.4 Методика испытания латуни в растворе NaCl

Поместили латунь с ингибитором коррозии на поверхность, а латунь без ингибитора коррозии на поверхность в 0,9% раствор NaCl, делали снимки каждые три дня, наблюдали и сравнивали изменения степени коррозии.

2.2.5 Методика регистрации коррозионных диаграмм в растворе NaCl

Коррозионные диаграммы регистрировали с трехэлектродной ячейкой на потенциостате CorrTest CS310 (рисунок 2.5). В качестве фонового электролита

использовали 0,1 М раствор хлорида калия, приготовленный и использованием деионизованной воды, объем электролита в ячейке – 40 мл. В качестве рабочего электрода использовали сталь ($d = 2$ мм); в качестве вспомогательного электрода и электрода сравнения – насыщенные хлоридсеребряные электроды.

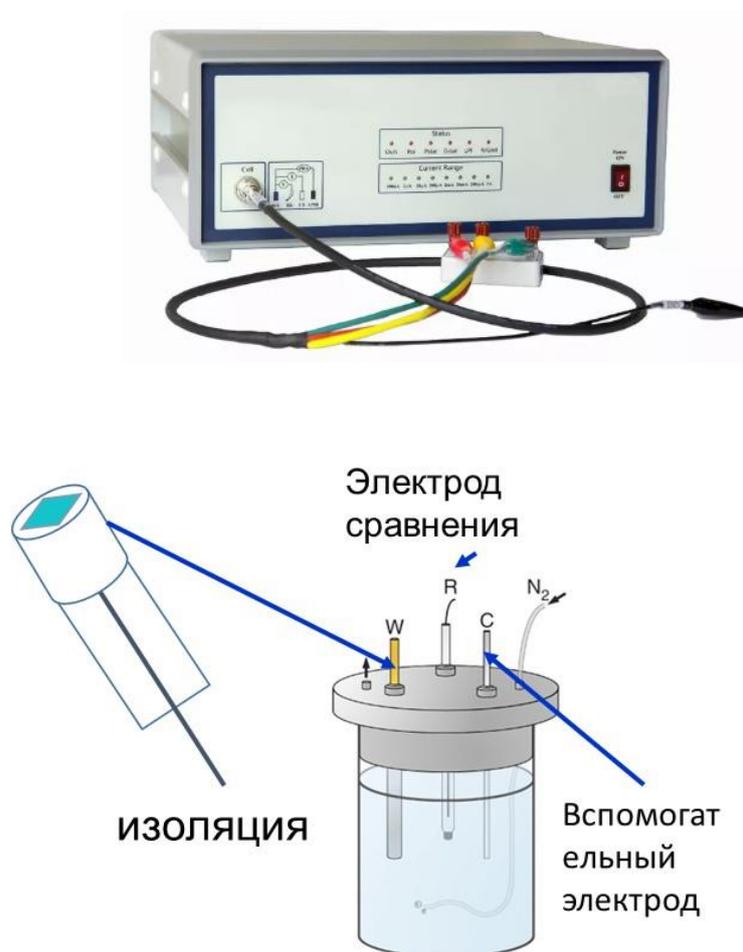


Рисунок 1 – Потенциостат CorrTest CS310 и электрохимическая ячейка

После подготовки электрода регистрировали потенциодинамическую кривую в интегральном режиме изменения потенциалов в интервале от минус 0,3 до 0,3 В, скорость развертки – 10 мВ/сек.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Результаты коррозионных испытаний стальных образцов

3.1.1 Гравиметрический метод испытаний в растворе сильных кислот

В таблицах 3.1 и 3.2 представлены результаты гравиметрических испытаний стали У8А в смеси соляной и азотной кислот, рассчитаны средние значения и стандартное отклонение.

Таблица – 3.1 Результаты гравиметрических испытаний стали, обработанной экстрактом пихты, в растворе $\text{HNO}_3 - \text{HCl}$

время	m/m ₀			m/m ₀ ср	Стандартное отклонение (CO)	CO·2	График
сталь У8А							
0	100	100	100	100	0	0	
5	95.67	94.99	95.56	95.41	0.37	0.73	
10	91.87	90.52	91.87	91.42	0.78	1.56	
15	84.23	86.30	83.96	84.83	1.28	2.56	
20	80.62	81.45	80.79	80.95	0.44	0.88	
25	75.41	76.63	73.41	75.15	1.62	3.25	
сталь У8А, обработанная экстрактом пихты							
0	100	100	100	100	0	0	
5	97.24	96.36	96.73	96.78	0.44	0.87	
10	92.19	93.81	92.13	92.71	0.96	1.91	
15	86.87	89.90	87.31	88.03	1.63	3.27	
20	81.37	85.95	81.32	82.88	2.66	5.32	
25	77.78	79.65	77.20	78.21	1.28	2.56	
сталь У8А, обработанная экстрактом пихты + ZnO 0,05%							
0	100	100	100	100	0	0	
5	98.99	98.35	97.33	98.22	0.84	1.67	
10	97.34	96.08	98.73	97.38	1.33	2.65	
15	96.24	95.38	96.26	95.96	0.50	1.00	
20	95.02	95.90	95.36	95.42	0.44	0.88	
25	95.18	94.10	94.47	94.58	0.55	1.10	
сталь У8А, обработанная экстрактом пихты + ZnO 0,1%							
0	100	100	100	100	0	0	
5	98.09	99.30	98.87	98.75	0.62	1.23	
10	98.94	98.87	97.66	98.49	0.72	1.44	
15	97.23	97.31	96.60	97.05	0.39	0.78	
20	96.03	95.61	96.65	96.10	0.52	1.05	
25	96.35	94.40	95.35	95.37	0.97	1.95	

время	m/m ₀			m/m ₀ ср	Стандартное отклонение (CO)	CO·2	График
сталь У8А, обработанная экстрактом пихты + ZnO 0,2%							
0	100	100	100	100	0	0	
5	99.15	99.99	99.03	99.39	0.52	1.05	
10	98.64	97.33	98.99	98.32	0.88	1.75	
15	97.10	97.19	96.65	96.98	0.29	0.57	
20	96.30	96.09	95.35	95.91	0.50	1.00	
25	95.81	95.90	94.70	95.47	0.67	1.34	

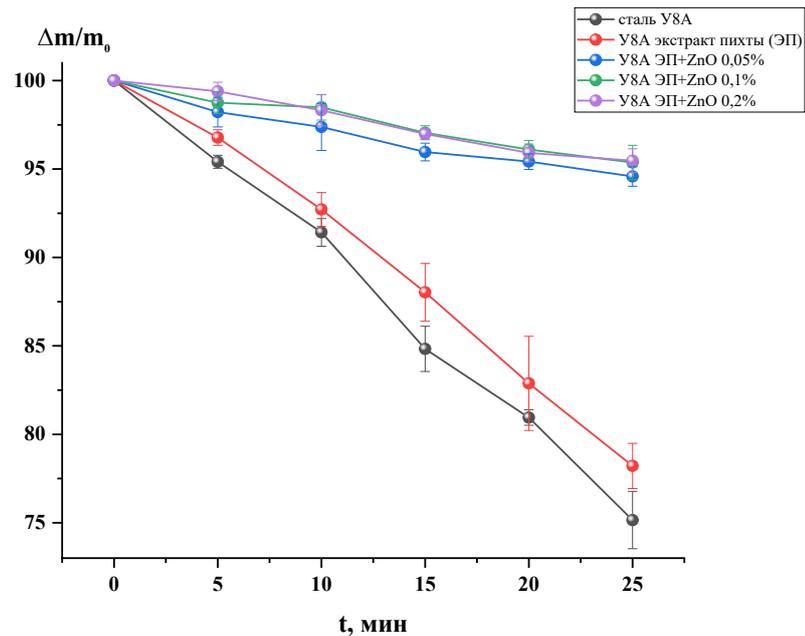


Рисунок 3.1 - Результаты гравиметрических испытаний стали, обработанной экстрактом пихты, в растворе HNO₃ – HCl

Из рисунка 3.1 видно, что, когда сталь находится в растворе и на поверхности нет ингибитора коррозии, вес быстро уменьшается со временем. Когда экстракт пихты присутствует на поверхности стали, потеря веса замедляется. Когда наночастицы оксида цинка добавлялись непрерывно, снижение веса стали значительно замедлялось. Изменение концентрации наночастиц оксида цинка не оказывает существенного влияния на снижение веса стали.

Из рисунка 3.2 видно, что когда сталь находится в растворе и на поверхности нет ингибитора коррозии, вес быстро уменьшается со временем. Когда поверхность стали покрыта пихтовым маслом, снижение веса замедляется. Когда наночастицы оксида цинка добавлялись непрерывно, снижение веса стали значительно замедлялось. Чем выше концентрация наночастиц оксида цинка, тем меньше уменьшается масса стали.

Таблица – 3.2 Результаты гравиметрических испытаний стали, обработанной маслом пихты, в растворе $\text{HNO}_3 - \text{HCl}$

время	m/m_0			m/m_0 ср	Стандартное отклонение (CO)	CO·2	График
сталь У8А							
0	100	100	100	100	0	0	
5	95.67	94.99	95.56	95.41	0.37	0.73	
10	91.87	90.52	91.87	91.42	0.78	1.56	
15	84.23	86.30	83.96	84.83	1.28	2.56	
20	80.62	81.45	80.79	80.95	0.44	0.88	
25	75.41	76.63	73.41	75.15	1.62	3.25	
сталь У8А, обработанная маслом пихты							
0	100	100	100	100	0	0	
5	99.93	99.97	99.95	99.95	0.02	0.04	
10	99.92	99.95	99.94	99.94	0.01	0.03	
15	99.91	99.95	99.93	99.93	0.02	0.03	
20	99.79	99.87	99.85	99.84	0.04	0.08	
25	99.66	99.72	99.83	99.73	0.09	0.18	
сталь У8А, обработанная маслом пихты+ ZnO 0,05%							
0	100	100	100	100	0	0	
5	99.99	99.99	100.00	99.99	0.00	0.01	
10	99.97	99.97	99.99	99.98	0.01	0.02	
15	99.96	99.95	99.97	99.96	0.01	0.03	
20	99.92	99.93	99.96	99.94	0.02	0.04	
25	99.90	99.91	99.94	99.92	0.02	0.04	
сталь У8А, обработанная маслом пихты+ ZnO 0,1%							
0	100	100	100	100	0	0	
5	99.997	99.997	100.002	99.999	0.003	0.005	
10	99.991	99.996	99.997	99.995	0.003	0.006	
15	99.986	99.993	99.993	99.991	0.004	0.009	
20	99.981	99.991	99.986	99.986	0.005	0.009	
25	99.971	99.985	99.985	99.980	0.008	0.016	

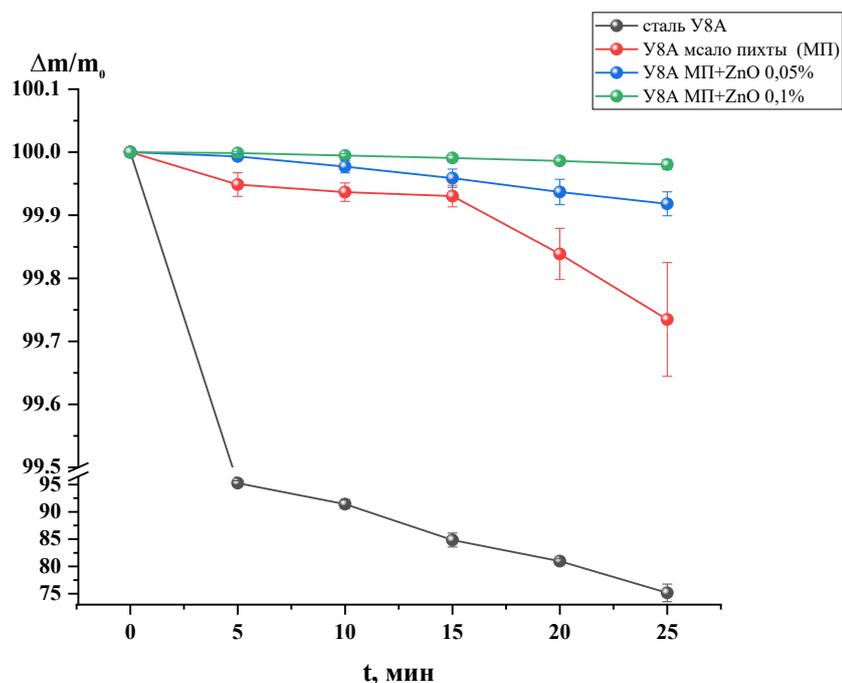
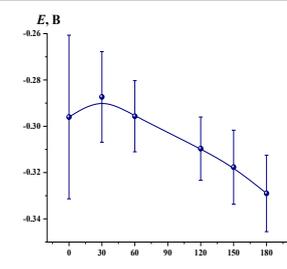
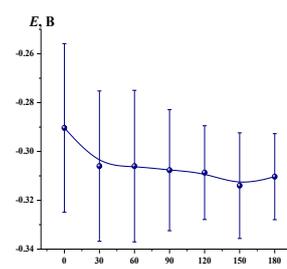


Рисунок 3.2 - Результаты гравиметрических испытаний стали, обработанной маслом пихты, в растворе $\text{HNO}_3 - \text{HCl}$

3.1.2 Потенциометрический метод испытаний в растворе слабых электролитов

Таблица – 3.3 Результаты потенциометрических испытаний стали, обработанной экстрактом пихты, в растворе 0,1 М HCl

время	Электродный потенциал (E), В				Стандартное отклонение (CO)	CO-2	График
	E _{ср}						
сталь У8А							
0	-0.283	-0.290	-0.270	-0.281	0.010	0.021	
30	-0.287	-0.295	-0.271	-0.284	0.012	0.025	
60	-0.296	-0.306	-0.279	-0.294	0.014	0.027	
90	-0.299	-0.308	-0.287	-0.298	0.010	0.021	
120	-0.310	-0.309	-0.296	-0.305	0.008	0.015	
150	-0.318	-0.314	-0.310	-0.314	0.004	0.008	
180	-0.329	-0.310	-0.310	-0.316	0.011	0.022	
сталь У8А, обработанная маслом пихты							
0	-0.323	-0.256	-0.309	-0.296	0.035	0.071	
30	-0.306	-0.267	-0.289	-0.287	0.020	0.039	
60	-0.306	-0.278	-0.303	-0.296	0.015	0.031	
120	-0.316	-0.294	-0.319	-0.310	0.014	0.027	
150	-0.322	-0.300	-0.331	-0.318	0.016	0.032	

время	Электродный потенциал (E), В			E _{ср}	Стандартное отклонение (CO)	CO-2	График
180	-0.330	-0.312	-0.345	-0.329	0.017	0.033	
сталь У8А, обработанная экстрактом пихты + ZnO 0,1%							
0	-0.200	-0.177	-0.200	-0.192	0.013	0.027	
30	-0.228	-0.228	-0.083	-0.180	0.084	0.167	
60	-0.242	-0.265	-0.127	-0.211	0.074	0.148	
90	-0.258	-0.286	-0.105	-0.216	0.097	0.195	
120	-0.273	-0.287	-0.110	-0.223	0.098	0.197	
150	-0.282	-0.292	-0.116	-0.230	0.099	0.198	
180	-0.286	-0.298	-0.120	-0.235	0.099	0.199	

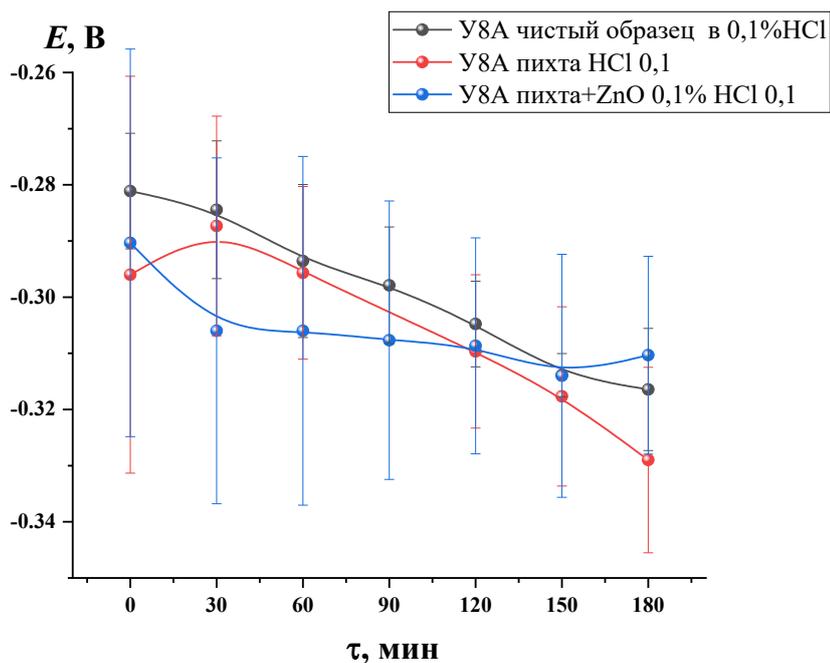


Рисунок 3.3 - Результаты потенциометрических испытаний стали, обработанной маслом пихты, в растворе 0,1 М HCl

Из рисунка 3.3 видно, что проверка потенциала показывает, что эффект ингибитора в разбавленном электролите не очевиден. Чем выше значение потенциала, тем устойчивее металл к коррозии. Когда ингибитор коррозии стали содержит наночастицы и экстракт пихты, он более устойчив к коррозии, чем чистая

сталь. Когда ингибитор коррозии стали представляет собой только экстракт пихты, он менее устойчив к коррозии, чем чистая сталь. Добавление наночастиц может улучшить коррозионные свойства в кислой среде.

Таблица – 3.4 Результаты потенциометрических испытаний стали, обработанной экстрактом пихты, в растворе 0,1 М NaOH

время	Электродный потенциал (E), В			Еср	Стандартное отклонение (CO)	СО-2	График
сталь У8А							
0	-0.076	-0.019	-0.089	-0.061	0.037	0.074	
30	-0.180	-0.180	-0.113	-0.158	0.039	0.077	
60	-0.216	-0.211	-0.197	-0.208	0.010	0.020	
90	-0.219	-0.216	-0.242	-0.226	0.014	0.028	
120	-0.243	-0.223	-0.255	-0.240	0.016	0.032	
150	-0.241	-0.230	-0.261	-0.244	0.016	0.031	
180	-0.248	-0.235	-0.267	-0.250	0.016	0.032	
сталь У8А, обработанная маслом пихты							
0	-0.100	-0.028	-0.100	-0.076	0.042	0.083	
30	-0.160	-0.150	-0.230	-0.180	0.044	0.087	
60	-0.152	-0.256	-0.240	-0.216	0.056	0.112	
120	-0.170	-0.350	-0.271	-0.264	0.090	0.180	
150	-0.170	-0.280	-0.273	-0.241	0.062	0.123	
180	-0.172	-0.295	-0.277	-0.248	0.066	0.133	
сталь У8А, обработанная экстрактом пихты + ZnO 0,1%							
0	-0.200	-0.177	-0.200	-0.192	0.013	0.027	
30	-0.228	-0.228	-0.083	-0.180	0.084	0.167	
60	-0.242	-0.265	-0.127	-0.211	0.074	0.148	
90	-0.258	-0.286	-0.105	-0.216	0.097	0.195	
120	-0.273	-0.287	-0.110	-0.223	0.098	0.197	

150	-0.282	-0.292	-0.116	-0.230	0.099	0.19 8
180	-0.286	-0.298	-0.120	-0.235	0.099	0.19 9

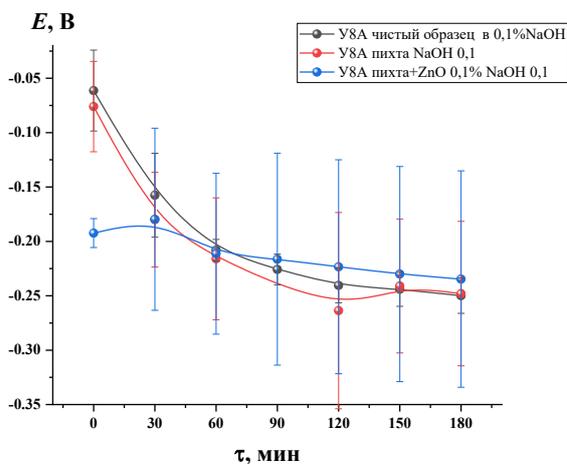


Рисунок 3.4 - Результаты потенциометрических испытаний стали, обработанной маслом пихты, в растворе 0,1 М NaOH

На рисунке 3.4 мы можем видеть на заключительном этапе измерений, что, когда в ингибиторе коррозии присутствуют наночастицы, электродный потенциал выше, чем у простой стали и экстракта пихты на поверхности стали. Таким образом, можно сделать вывод, что добавление наночастиц может улучшить коррозионную стойкость в щелочной среде.

3.2 Результаты коррозионных испытаний латунных образцов

3.2.1 Визуальный метод испытаний в растворе хлорида натрия

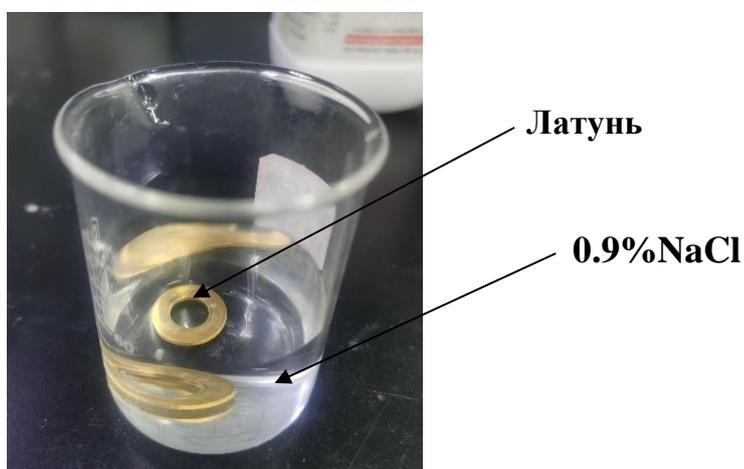


Рисунок 3.5 – Испытание латуни в растворе NaCl

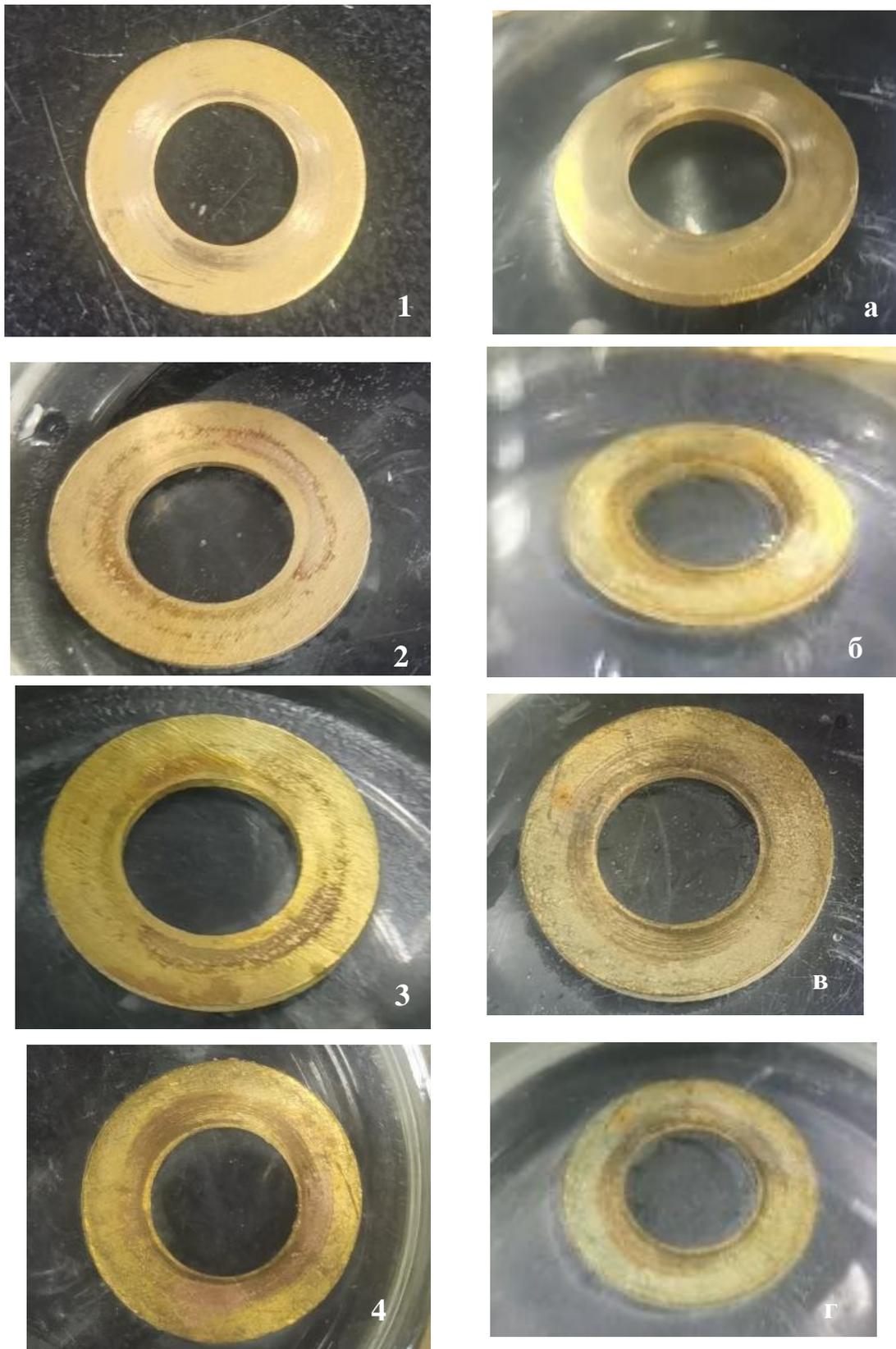


Рисунок 3.6 – Фотографии образцов латуни без ингибитора (а – г) и обработанной ингибитором (1 – 4) в растворе хлорида натрия: 1, а – один день, 2, б – три дня, 3, в – шесть дней, 4, г – двенадцать дней выдержки в растворе

Согласно рисунку 3.6, скорость коррозии латуни с экстрактом пихты на поверхности в 0,9% растворе хлорида натрия ниже, чем у чистой латуни. Эта разница хорошо видна уже на третий день испытаний. Можно сделать вывод, что на поверхности латуни есть слой пленки экстракта пихты, который может замедлить скорость коррозии, вызванную химической реакцией между латунью и хлоридом натрия.

3.2.2 Определение потенциалов и токов коррозии в растворе хлорида натрия

Для оценки возможности использования масла пихты нами были получены коррозионные диаграммы латуни без ингибитора и покрытой маслом пихты с наночастицами оксида цинка.

На рисунках 3.7, а и 3.7, б приведены отдельные потенциодинамические кривые, по которым рассчитывали потенциал и ток коррозии. Видно, что ток коррозии для металла, покрытого ингибитором в 100 раз ниже, чем для обычной латуни. Это свидетельствует об очень эффективной защите поверхности с помощью нашего ингибитора. Потенциал коррозии имеет примерно равные значения для обоих случаев.

На рис. 3.7, в представлены обе кривые. По графикам можно наглядно оценить изменений всех четырех параметров коррозии при использовании масла пихты с наночастицами: помимо снижения тока коррозии видно смещение равновесных потенциалов восстановителя и окислителя в более положительную и отрицательную области, соответственно.

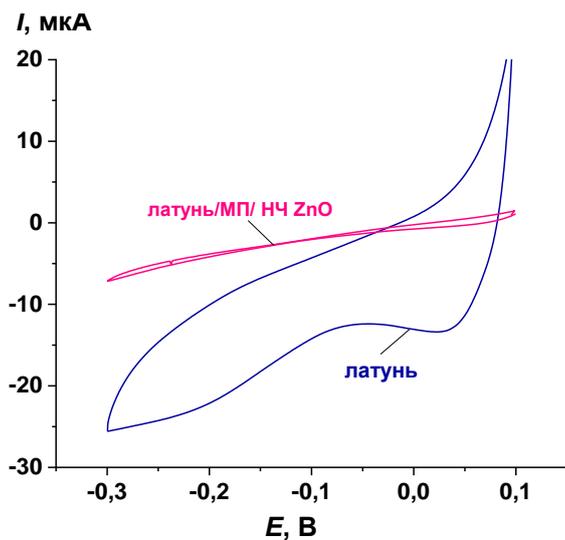
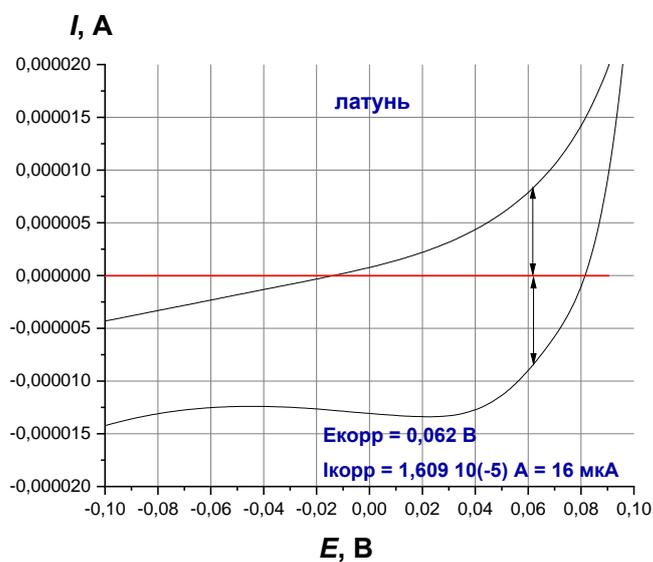
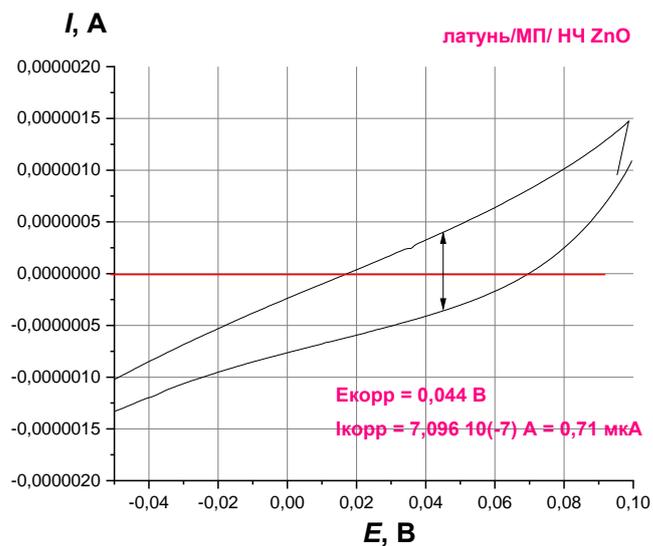


Рисунок 3.7 – Расчёт параметров коррозии на потенциодинамических кривых, для латуни обработанной маслом пихты с наночастицами (а) и не обработанной (б). Сравнение электрохимического поведения двух образцов (в).

ГЛАВА 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1. Общая информация

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – создание «зеленого» ингибитора коррозии металлов на основе наночастиц оксида металла.

4.2 Потенциальные потребители результатов исследования

Подбор зеленых ингибиторов коррозии с учетом специфики сибирского региона :

- 1) Кедровое масло
- 2) Экстракт пихты
- 3) гидроксидов Zn и Zr

Таблица 4.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
2. Трещиностойкость	0,14	5	2	3	0,7	0,28	0,42
3. Ударопрочность	0,18	4	3	3	0,72	0,54	0,54
4. Стабильность соединения с подложкой	0,14	4	4	3	0,56	0,56	0,42
5. Простота изготовления	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,2
6. Эффективность работы	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
7. Безопасность	0,08	4	4	4	0,32	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена сырья	0,12	4	5	3	0,48	0,6	0,36
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
3. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
Итого	1	43	38	37	4,32	3,6	3,47

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

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,1 \cdot 3 = 0,3,$$

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

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

4.3 SWOT-анализ

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

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Низкая цена исходного сырья.	Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований.
С2. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции.	Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования.
С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.	Сл3. Высокие требования к экспериментальному оборудованию.
С4. Экологичность технологии.	Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности.
С5. Квалифицированный персонал.	Сл5. Вероятность получения брака.
Возможности	Угрозы
В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН.	У1. Снижение стоимости разработок конкурентов.
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области.	
В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3–4.6.

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

		Сильные стороны проекта				
		С1	С2	С3	С4	С5
Возможности проекта	В1	-	-	-	-	-
	В2	-	+	+	-	-
	В3	-	+	-	+	-
	В4	+	+	-	-	-

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

		Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности проекта	В1	-	-	+	+	+
	В2	-	-	-	-	-
	В3	-	-	-	-	-
	В4	-	-	-	-	-

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

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

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

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

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Низкая цена исходного сырья. С2. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции. С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта. С4. Экологичность технологии С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Отсутствие ссылок и материалов для соответствующих научных исследований. Сл2. Долгое время подготовки образца, используемого при проведении научного исследования. Сл3. Высокие требования к экспериментальному оборудованию. Сл4. Эксперименты имеют большие погрешности и неопределенности. Сл5. Вероятность получения брака.</p>
<p>Возможности В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ и ИФПМ СО РАН. В2. Появление потенциального спроса на новые разработки. В3. Внедрение технологии в аэрокосмической области</p>	<p>Направления развития В2С2С3. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции позволяет расширить спрос, использование новейшей информации и технологий соответствует потенциальному спросу на новые разработки. В3С2С4. Высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции и экологичность технологии являются хорошим основанием</p>	<p>Сдерживающие факторы В1Сл3Сл4Сл5. Использование новейшего оборудования для удовлетворения требований исследований, также может уменьшить экспериментальную ошибку и предотвратить появление брака.</p>

В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	для внедрения технологии в аэрокосмической области. В4С1С2. Низкая цена исходного сырья и высокая трещиностойкость и ударопрочность продукции являются основой для экспорта за рубеж и выхода на мировой рынок.	
Угрозы У1. Снижение стоимости разработок конкурентов. У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.	Угрозы развития У1С2. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, наши продукты имеют лучшие механические свойства, больше перспектив развития. У2С2. Наши продукты обладают лучшими механическими свойствами, являются более привлекательными на мировом рынке.	Уязвимости: У1Сл4Сл5. Введение систем совершенствования производственных процессов для снижения погрешности и неопределенности.

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

4.4 Планирование научно-исследовательских работ

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

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

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

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

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

4.5 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

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

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула: K_{ic}

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

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.

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

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

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

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

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki.кал} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.3)$$

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

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

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.4)$$

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

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожи}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Планирование эксперимента	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Подготовка образцов для эксперимента	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение эксперимента	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	7	59	15	84	10,2	69	68,5	102

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

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T _{Ki} кал. дн.	Продолжительность работ													
				февр			март			апр			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	█													
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	█													

№	Вид работ	Исп	T _{Ki} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3	Обзор научной литературы	Исп2	11		■										
4	Выбор методов исследования	Исп2	6			■									
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	7			▨ ■									
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9				■								
7	Проведение эксперимента	Исп2	25					■	■						
8	Обработка полученных данных	Исп2	18								■	■			
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5									▨ ■			
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13										■	■	

Примечание:

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

4.6 Бюджет научно-технического исследования(НТИ)

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

4.7 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

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

Эта часть включает стоимость всех материалов, использованных для получения образцов ингибитора зеленой коррозии. Результат расчета комиссии приведен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 - Стоимость получения образцов ингибитора зеленой коррозии

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Цирконий лист	кг	0,2	23500	4700
Экстракт пихты	кг	0,1	6030	603
Кедровое масло	л	10	19,25	192,5
Кислород в баллоне	л	10	9	90
Кремний	шт.	1	520	520
Перчатки резиновые, технические	пар	1	12	12
Итого:				6117,5

4.8 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

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

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

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

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

Таблица 4.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования,	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Nano Spray B-90	1	15	0,16	7	1300000	1213

2	РФА- установка ДРОН-3М	1	20	0,1	5	18000000	7500
3	Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ) JEM-2100F	1	20	0,16	5	18000000	12000
4	Нанотвердомер «NanoTest 600»	1	10	0,1	10	250000	208
Итого:		20921 руб.					

4.9 Основная заработная плата исполнителей темы

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

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

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

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

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

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

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

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}. \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

- для руководителя:

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

- для инженера:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_\delta) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

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

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

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

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	Z_{mc} , руб	k_{np}	k_δ	k_p	Z_m , руб	$Z_{он}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	13,5	28988,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	68,5	119402,4
Итого:								148391

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 28988,6 = 4348,3 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 119402,4 = 17910,4 \text{ руб.}, \quad (4.13)$$

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

4.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (28988,6 + 4348,3) = 10001,1 \text{ руб.} \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (119402,4 + 17910,4) = 41193,8 \text{ руб.}, \quad (4.15)$$

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

4.11 Накладные расходы

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

Таблица 4.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
20921	6117,5	148391	22258,7	51194,9	248883,1

Величина накладных расходов определяется по формуле (4.16):

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

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

$$Z_{накл} = 248883,1 \cdot 0,2 = 49776,6 \text{ руб.},$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «"Зеленый" ингибитор коррозии металлов на основе наночастиц оксидов металлов» по форме, приведенной в таблице 4.16. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 4.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	6117,5	4626,3	15945	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	20921	22959,8	43453	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	148391	148391	148391	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22258,7	22258,7	22258,7	Пункт 4.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	51194,9	51194,9	51194,9	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	49776,6	49776,6	49776,6	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		298659,7	299177,3	331019,2	Сумма ст. 1- 6

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

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Экстракт пихты
- 2) гидроксидов Zn и Zr, структура и свойства.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

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

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 298659,7$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 299177,3$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 331019,2$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{298659,7}{331019,2} = 0,90;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{299177,3}{331019,2} = 0,91;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{331019,2}{331019,2} = 1.$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

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

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

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

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

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

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

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

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

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

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

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,90	0,91	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,18	4,18	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

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

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 102 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 98 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 20 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 298659,7 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,90, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,8 и 4,05;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,18, по сравнению с 4,18 и 4,05, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ГЛАВА 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Научно-исследовательская работа была выполнена в Научно-образовательном инновационном центре «Наноматериалы и нанотехнологии», ТПУ. Рабочая зона представляет собой лабораторный зал площадью 12 квадратных метров, включающий персональный компьютер, тайхен, Nano Spray B-90, вытяжной шкаф и шкаф для хранения лабораторной посуды и органических веществ.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства

Лаборатория соответствует санитарным правилам и гигиеническим нормативам, требованиям пожарной и радиационной безопасности.

При организации работ по обеспечению безопасности в медицинских лабораториях следует руководствоваться ГОСТ Р 52905-2007 "Лаборатории. Требования безопасности", утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2007 N 531-ст. Указанный стандарт устанавливает требования по формированию и поддержанию безопасной рабочей среды в научных лабораториях.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя

К выполнению работ в лаборатории должны допускаться лица:

- с соответствующей профессиональной подготовкой и квалификацией согласно действующим нормативно-правовым актам;

- прошедшие в установленном порядке обучение, инструктаж, проверку знаний по вопросам охраны труда;

Работники лабораторий могут подвергаться воздействию опасных и вредных производственных факторов, основными из которых являются:

- физические факторы: аэрозоли, шум, микроклимат, освещенность, опасность поражения электрическим током, опасность травмирования осколками разрушенной пресс-форм, используемой в процессе работы;

-психофизиологические факторы, включая повышенное напряжение органов зрения;

-пожара- и взрывоопасные факторы.

В лаборатории разработаны и утверждены подробные инструкции по охране труда для персонала по отдельным участкам работ лаборатории, учитывая специфику участков. Утвержденные инструкции должны быть вывешены на видном месте каждого участка работы.

Персонал лаборатории должен быть обеспечен рабочей одеждой и средствами индивидуальной защиты в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами. В случае выявления в процессе работы недостатков в эксплуатации или неисправности аппаратов, приборов и оборудования работники должны известить об этом заведующего лабораторией. Ответственность за охрану труда в лаборатории возлагается на ее заведующего (руководителя).

В лаборатории должно быть достаточное количество чистой защитной одежды (например, курток и халатов), соответственно уровню риска, для обеспечения персонала и посетителей лаборатории.

5.2 Производственная безопасность

Для идентификации потенциальных факторов использован ГОСТ 12.0.003-2015 [14]. Перечень выявленных возможных опасных и вредных факторов представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разрабо тка	Изгото вление	Эксплу атация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 [15] ГОСТ 12.1.005-88 [16]
2. Превышение уровня шума		+		ГОСТ 12.1.003-2014 [17] ГОСТ 12.1.029-80 [18] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [19]
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [20] СП 52.13330.2016 [21]

4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	-	-	ГОСТ 12.1.019-2017 [22] ГОСТ 12.1.038-82 [23]
5. Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания		-		ГОСТ 12.1.005-88[24] ГН 2.2.5.3532-18 [25] СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4 [26]

5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

5.2.1.1 Анализ показателей микроклимата

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

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

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

Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1031-01 устанавливают, что на одного рабочего должно приходиться 4,5 м² площади помещения и 20 м³ объема воздуха.

Помещение лаборатории имеет следующие параметры:

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

Исходя из этих параметров, площадь данного помещения составляет:

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

В лаборатории работает 4 человек. Это удовлетворяет санитарным нормам.

5.2.1.2 Анализ уровня шума на рабочем месте

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

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

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

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

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

5.2.1.3 Анализ освещенность рабочей зоны

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

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

Нормы разных видов освещения для промышленных помещений со зрительными работами четвертого разряда [СП 52.13330.2016. Естественное и

искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (дата введения: 08.05.2017)] представлены в таблице 5.5.

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

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

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

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

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. Расчет освещения производится согласно методическим указаниям [27].

Помещение имеет размеры:

- 1) Длина А = 8 м;
- 2) Ширина В = 6 м;
- 3) Высота Н = 3 м.

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

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

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

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

Площадь помещения таким образом составит:

$$8 \cdot 6 = 48\text{м}^2$$

Освещенность в помещении рассчитывается по формуле 5.1.

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

где E_0 – рекомендуемая освещенность, лк;

K – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,3.

Таким образом, освещенность в помещении:

$$E = 200 \cdot 1,3 = 260\text{лк.}$$

Уровень от рабочей поверхности до потолка рассчитывается по формуле 5.2.

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

где h_p – высота рабочей поверхности, м.

$$h = 3 - 0,9 = 2,1\text{м}$$

Расчетная длина между двумя рядами светильников рассчитывается по формуле

5.3. Соответствующее число рядов светильников (n) находится как отношение ширины помещения к расчетной длине между светильниками.

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

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

$$L = 1.3 \cdot 2.1 = 2.73\text{м}$$

$$n = \frac{6}{2.73} = 2.2$$

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

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

Коэффициент использования потока может быть рассчитан по формуле 5.5.

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

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

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

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

Необходимое число светильников в ряду находится по формуле 5.6.

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

где Z – коэффициент непрерывности, равный 1,1;

F – световой поток светильника, лм;

γ – коэффициент затемнения, равный 1.

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

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

Примем число светильников равным 2.

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

$$1.27 \cdot 2 = 2.54\text{м}$$

Расстояние между светильниками при этом составит:

$$\frac{8 - 2.54}{2 + 1} = 1.82$$

Схема расположения светильников представлена на рисунке 5.1.

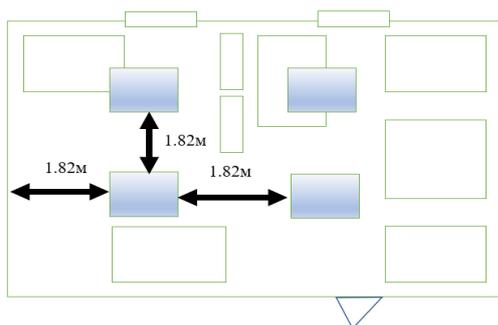


Рисунок 5.1 – Схема расположения светильников.

Способ размещения светильников в лаборатории - симметричный, это обеспечивает равномерное освещение оборудования и рабочих мест.

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

5.2.1.4 Анализ электробезопасности

Электричество - это главная опасность, оно напрямую угрожает жизни и здоровью людей. Помещение относится к категории: Помещения повышенной опасности поражения электрическим током. Максимально допустимые значения тока и напряжения контакта приведены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов

Род тока	U , В	I , мА
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Человек попадает под воздействие электрического тока при:

- Прикосновении к токоведущим частям;
- Прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением;
- Шаговом напряжении.

Для обеспечения электробезопасности людей (ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ [10]) имеются:

- 1) указатели напряжения;
- 2) инструмент с изолирующими ручками;
- 3) изолирующие подставки;
- 4) защитные очки.

5.2.1.5 Анализ воздушной среды в зоне дыхания

Опасные вещества в воздухе рабочей зоны: В этой работе используется аммиачная вода ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), наноразмерный порошок оксида алюминия (нано- Al_2O_3), полученный путем сушки порошка, который рассеивает часть порошка во время сбора. Опасные вещества в воздухе рабочей зоны нормализуются по максимальной допустимой концентрации ПДК. Данные по опасным веществам приведены в таблице 5.9.

Таблица 5.9-Показатели, характеризующие токсичность используемых химических соединений по ГОСТ 12.1.005-88

Название вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	20	А	IV	Ф
Al_2O_3	6	А	IV	Ф
А-аэрозоль				
Ф-аэрозоли, преимущественно фиброгенного действия				

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего

5.2.2.1 Улучшение показателей микроклимата

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м³ на человека - не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

5.2.2.2 Снижение уровня шума на рабочем месте

Защита от шума должна обеспечиваться разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты, в том числе строительно-акустических: звукоизолирующие кожухи, кабины, акустические экраны, выгородки.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удается. Средства индивидуальной защиты органов слуха работающих установлены ГОСТ 12.4.011-75; это противошумные шлемофоны (шлемы), наушники, заглушки, вкладыши.

5.2.2.3 Контроль освещенности в лаборатории

Искусственное освещение осуществляется с использованием газоразрядных люминесцентных ламп низкого давления типа ЛБ-40, в количестве 9 светильников в каждом по 3 лампы.

5.2.2.4 Обеспечение электробезопасности

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита. Организационными мероприятиями по электробезопасности являются периодические и внеплановые инструктажи. Периодический инструктаж проводится всему неэлектротехническому персоналу, выполняющему следующие работы: включение и отключение электроприборов, уборка помещений вблизи электрощитов, розеток и выключателей и т. д. Весь неэлектротехнический персонал должен быть аттестован на первую квалификационную группу по электробезопасности. Периодический инструктаж проводится не менее одного раза в год. Внеплановый инструктаж проводится руководителем подразделения при введении в эксплуатацию нового технического электрооборудования.

5.2.2.5 Мероприятия по снижению уровня загрязнения воздушной среды в зоне дыхания

Все аэрозоли, использованные в эксперименте, могут вызывать раздражение глаз и кожных покровов легкой степени. Рекомендуется избегать вдыхания и попадания аэрозолей в глаза и на кожные покровы.

Необходимо соблюдение правил безопасности. Соблюдать правила работы с

пожаро - и взрывоопасными веществами. Соблюдать правила личной гигиены. При длительной работе необходима приточно-вытяжная вентиляция.

Средства коллективной защиты:

вытяжной шкаф; вентиляция.

Индивидуальная защита:

Респираторы газопылезащитные РПГ-67; Акриловые перчатки; При высоких концентрациях в воздухе рабочей зоны фильтрующий противогаз марки А; Защита глаз и кожи.

5.3 Экологическая безопасность

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

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

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

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

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

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

Таблица 5.10 – Чрезвычайные ситуации делятся на техногенные и электрические сбои

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2) Лаборатория должна быть оснащена противопожарным оборудованием.

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

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

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

Выводы по разделу

В результате работы над разделом "Социальная ответственность" выявлены вредные и опасные факторы при работе в лаборатории, а также описан план действий в случае чрезвычайной ситуации.

Анализировать и предлагать превентивные меры для чрезвычайных ситуаций в различных ситуациях.

Проведение исследовательской работы никаким образом не влияют на экологическую безопасность.

При введении этой исследовательской работы в производство следует помнить, что обработка отработанной жидкости очень важна. Полученная нами пористая керамическая мембрана может быть использована для производства нанопорошков. Углекислый газ, выделяющийся в процессе производства, должен поглощаться скруббером, чтобы избежать парниковый эффект.

ВЫВОДЫ

1. В результате гравиметрических испытаний в смеси HNO_3 – HCl установлено, что сталь У8А, обработанная суспензией НЧ ZnO (0,15% масс.) с экстрактом пихты, маслом пихты медленнее теряет массу по сравнению с необработанной поверхностью в 5, 25 раз, соответственно.

2. На основании потенциометрических измерений в растворах разбавленных электролитов продемонстрировано, что суспензия НЧ ZnO с экстрактом пихты, позволяет увеличить электродный потенциал стали У8А в 1,37 раза в кислой среде, в 1,58 раза в щелочной среде, соответственно.

3. На основании коррозионных диаграмм рассчитано, что система масло пихты – НЧ ZnO позволяет снизить ток коррозии латуни в 100 раз.

4. Было показано, что для разработки ингибитора коррозии стали на основе НЧ ZnO затраты на реализацию проекта составляют 241360 руб. По сравнению с другими решениями значения показателей ресурсоэффективности выше по сравнению с аналогами.

5. Главным направлением обеспечения экологической безопасности при работе нанотехнологий и наноматериалов является жесткий контроль нанопродуктов и их производных на всех стадиях жизненного цикла: от разработки и изучения в лаборатории до полной утилизации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. С. Т. Алмагамбетова. Анализ методов противокоррозионного воздействия на защиту оборудования объектов пищевой отрасли // Процессы, оборудование и аппараты пищевых производств – Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48. – № 2 – С.129 – 135.
2. Л.Е. Цыганкова, П.Н. Бернацкий, Н.П. Крушатица, Н.В. Шель, Ю.В. Панфилова. Защита углеродистой стали композициями рапсового масла с продуктами очистки отработавших масел от коррозии в атмосферах, содержащих SO₂: – 2012 – Вестник ТГУ – Т.17 – вып.1.
3. П.Н. Бернацкий. Защита стали в SO₂-содержащей атмосфере ингибированными масляными композициями на основе рапсового масла, содержащими эмульгин: – 2015 – Вестник ТГУ – Т.20 – вып.2.
4. T. Laabaissi, F. Benhiba, Z. Rouifi, M. Missioui, K. Ourrak, H. Oudda, Y. Ramli, I. Warad, M. Allali and A. Zarrouk. New quinoxaline derivative as a green corrosion inhibitor for mild steel in mild acidic medium: Electrochemical and theoretical studies. // Int. J. Corros. Scale Inhib., 2019 – no. 2, 241–256.
5. Pallav Shah, Shruti Agarwal. Aloe-Vera: A Green Corrosion Inhibitor // International journal for research in applied science and engineering technology (I JRAS ET). – Vol. 2. – Issue V. – 2014. – P. 14 – 16.
6. Ghassab M. Al-Mazaideh. Carbohydrates as Green Corrosion Inhibitors of Copper: Ab initio Study. // Jordan Journal of Chemistry – 2017 – Vol. 12 – No.4 – P. 189 – 199.
7. Saviour A. Umoren, Ime B. Obot, A. Madhankumar, Zuhair M. Gasem. Performance evaluation of pectin as ecofriendly corrosion inhibitor for X60 pipeline steel in acid medium: Experimental and theoretical approaches // Carbohydrate Polymers 124 – 2015 – P.280–291.
8. Sushmitha Y, Padmalatha Rao. Material conservation and surface coating enhancement with starch-pectin biopolymer blend: A way towards green // Surfaces and Interfaces 16 – 2019 – P.67–75.
9. Егамкулов М.Е., Шевченко И.Н. Влияние УЗ-обработки на свойства ингибитора коррозии на основе наночастиц ZrO₂ // XXI Международная научно-

практическая конференция «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 18-21 мая 2020. – Томск: ТПУ, 2020. – принято к публикации

10 Егамжулов М.Е., Шевченко И.Н., Цзя Лицзе Оценка эффективности ингибитора коррозии на основе наночастиц оксида циркония методом потенциометрии // XXI Международная научно-практическая конференция «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 18-21 мая 2020.

11. Saviour A. Umoren, A. Madhankumar. Effect of addition of CeO₂ nanoparticles to pectin as inhibitor of X60 steel corrosion in HCl medium // Journal of Molecular Liquids 224 – 2016 – P.72–82.

12. Воробьева Наталия Андреевна. Нанокристаллический ZnO(M) (M = Ga, In) для газовых сенсоров и прозрачных электродов // Московский Государственный Университет Имени М.В. Ломоносова – Химический Факультет – на соискание учёной степени кандидата химических наук.

13 Lyamina G., Pela A., Khasanov O., Petyukevich M., Vaitulevich E. Synthesis of Al₂O₃-ZrO₂ powders from differently concentrated suspensions with a spray drying technique AIP Conference Proceedings. — 2016. — V. 1772.

14. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 02.12.2019)

15. Правительства РФ от 12.08.98 N 938 (СЗ РФ. 1998. N 33. Ст. 4037).

16. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (дата введения: 01.03.2017).

17 . СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 1 октября 1996 г.).

18. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (дата введения: 01.01.1989).

19. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (дата введения: 01.11.2015).

20 . ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация (дата введения: 01.07.1981).

21. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г.).

22. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий (дата введения: 15.06.2003).

23 . СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (дата введения: 08.05.2017).

24. ГОСТ 12.1.019-2017. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (дата введения: 01.01.2019).

25. ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов (дата введения: 01.07.1983).

26. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.

27. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.