

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

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки – 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Использование экстракта и масла пихты с наночастицами оксидов металлов в качестве ингибитора коррозии

УДК: 620.197.3:633.877.1-035.81/.83

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б82	Чэнь Сюань		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	И.В. Кашук.	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	А.И. Сечин	Д.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель специализации «Наноструктурные материалы»	Г.В.Лямина	К.Х.Н.		14.06.22

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

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки – 22.04.01. «Материаловедение и технологии материалов»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Г.В.Лямина
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
154Б82	Чэнь Сюань

Тема работы:

Использование экстрактов растений с наночастицами оксидов металлов в качестве ингибитора коррозии	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ № 32-49/с от 01.02.2022
Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.22

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	разработать ингибитор коррозии на основе суспензии наночастиц оксида цинка, полученного методом нанораспылительной сушки, в растворе экстракта и масле пихты.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Задачи работы: 1. Обзор текущих исследований по использованию наночастиц и растительного сырья в качестве ингибиторов коррозии. 2. Получение ингибитора на основе наночастиц оксида цинка, экстракта или масла пихты. 3. Оценка влияния шероховатости сталей Ст3 и У8А на изменение их коррозионной устойчивости в концентрированном растворе кислот методом гравиметрии. 4. Оценка влияния шероховатости сталей Ст3 и У8А на изменение их коррозионной устойчивости в разбавленном растворе кислот методом вольтамперометрии.
Перечень графического материала	Электронно-микроскопические изображения (РЭМ) подготовленных образцов стали У8А, график РФА, гравиметрии, потенциометрии, потенциодинамических испытаний
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	И.В.Кащук., доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	А.И.Сечинч, Д.т.н.Профессор ООД ШБИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:	
На русском языке: литературный обзор, методика эксперимента, результаты и их обсуждение, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность. На английском языке: отдельные пункты литературного обзора	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы	

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б82	Чэнь Сюань		

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

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

бакалаврская работа

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10 июня 2022г.
--	----------------

Дата Контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.04.22	Литературный обзор	10
28.05.22	Экспериментальная часть	40
01.06.22	Обсуждение результатов эксперимента	20
05.06.22	Оформление ВКР	20
10.06.22	Подготовка презентации и доклада	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

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

Студенту:

Группа	ФИО		
154Б82	Чэнь Сюань		
Школа	ИШНПТ	Отделение Школа	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности НИР
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИИ
5. Основные показатели эффективности НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.04.2022
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	И.В.Кашук	К.Т.Н доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б82	Чэнь Сюань		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
154Б82	Чернь Сюань

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

Разработка ингибитора коррозии металлов на основе суспензий наночастиц оксида цинка	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объект исследования – оценка возможности использования наночастиц ZnO в смеси с тиомочевинной в качестве ингибитора коррозии для инструментальной стали У8А.</i> <i>Рабочая зона – лаборатория научно-образовательный инновационный центр «Наноматериалы и нанотехнологии» Томского политехнического университета. Лаборатория НОИЦ НМНТ ТПУ расположена в здании корпуса №15 ТПУ на втором этаже. Размеры помещения составляет 3×4×3 м, при общей площади 12 м², что удовлетворяет требованиям к лабораторному помещению. Пол лаборатории покрыт линолеумом, стены покрыты кафельной плиткой, потолок побелен. Используется естественное (имеется 2 окна, выходящих на восток) и искусственное освещение. Используемые приборы для получения и приготовления ингибиторного суспензий – нанораспылительная сушилка Nano Spray Dryer В-90. Аналитические весы, ультразвуковая ванна и сканирующий (растровый) электронный микроскоп.</i> <i>Области применения – машиностроения, нефтехимическая промышленность и инструментальная промышленность.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 1.1 Правовые нормы трудового законодательства: • режим рабочего времени • защита персональных данных работника • оплата и нормирование труда • виды компенсаций при работе во вредных условиях	<i>"Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197ФЗ (ред. от 09.03.2021).</i> <i>ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения);</i> <i>ГОСТ Р 12.0.001-2013 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Основные положения.</i> <i>ГОСТ Р 56748.1-2015/ISO/TS 12901-1:2012 Нанотехнологии. Наноматериалы. Менеджмент риска. Общие положения</i> <i>ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</i> <i>СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;</i> <i>СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов;</i> <i>ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1);</i> <i>ГОСТ 12.4.113-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы учебные лабораторные. Общие требования</i>

труда, и т.д. 1.2. Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	безопасности; ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот; СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий; СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий; Инструкция о мерах пожарной безопасности в лабораториях и других помещениях университета (для сотрудников, преподавателей и студентов); СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение; ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности; СП 51.13330.2011 Защита от шума. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности; ГОСТ Р 22.8.01-96 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Ликвидация чрезвычайных ситуаций; ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные проявления факторов производственной среды: Отклонение показателей микроклимата, электромагнитное излучение, превышение уровня шума, ультразвук, вибрации, электромагнитное излучение недостаточная освещенность рабочей зоны, потенциальные риски при работе с вредными веществами, токсические и раздражающие компоненты растворов; Влияние психофизиологических факторов: монотонность труда, физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение; Опасные проявления факторов производственной среды: термические и химические ожоги, электротравмы при неправильной работе с электроприборами.
3. Экологическая безопасность:	Негативное воздействие на окружающую среду: контакт наночастиц с организмом человека и естественной биотой вследствие попадания в атмо-, гидро- и литосферу при превышении ПДК. Утилизация люминесцентных ламп и макулатура.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	При работе в лаборатории наиболее вероятными ЧС являются пожары. 1. использование огнетушителя, песка, асбестового одеяла, пожарного крана и пожарного щита; 2. обеспечение средствами индивидуальной защиты; 3. организационная эвакуация работников

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	А.И.Сечинч	Д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б82	Чернь С юань		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 66 страниц, 28 рисунков, 28 таблиц, 37 источников.

Ключевые слова: наночастицы оксида цинка, экстракт пихты, масло пихты, зеленый ингибитор коррозии, низколегированная сталь, шероховатость

Объектом исследования являются суспензии на основе наночастиц оксида цинка и органических добавок синтетического и природного происхождения, использующиеся в качестве ингибитора коррозии; стали У8А и Ст 3.

Цель работы – разработать ингибитор коррозии на основе суспензии наночастиц оксида цинка, полученного методом нанораспылительной сушки, в растворе экстракта и масле пихты.

В процессе исследования проведен обзор литературы о современном состоянии ингибиторов зеленой коррозии; разработаны методики нанесения ингибитора на основе наночастиц оксида цинка, экстракта (масла) пихты на стали с различным содержанием углерода с различной степенью шероховатости поверхности.

В результате исследования на основании данных гравиметрии и анализа коррозионных диаграмм было установлено, что масло пихты более эффективный ингибитор по сравнению с тиомочевинной; значения шероховатости поверхности по разному влияют на стали в зависимости от содержания в них углерода.

Область применения: защита образцов из низколегированной стали от коррозии.

Экономическая эффективность/значимость работы: обработка металлических поверхностей может замедлить коррозию металла, тем самым экономя затраты на замену деталей, добавление наночастиц может повысить эффективность ингибиторов коррозии, использование зеленых ингибиторов снижает экологические риски.

В будущем планируется повысить эффективность ингибиторов коррозии за счет наночастиц другого типа.

Сокращения

НЧ	–	наночастица (ы)
АСМ	–	атомно-силовой микроскоп
ХЧ	–	химически чистое вещество
ТИО	–	тиомочевина
ЭП	–	экстракт пихты
МП	–	- масло пихты
Р.Н	–	раздельно
Е	–	потенциал коррозии
I	–	ток коррозии

Оглавление

1.	ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	12
1.1.	Современные ингибиторы коррозии и действие ингибиторов коррозии	12
1.2.	Методы оценки коррозионной устойчивости	13
1.3.	Различные методы приготовления ингибиторов коррозии.....	16
2.	МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ	20
2.1.	Оборудование и реактивы.....	20
2.2.	Методики исследования коррозии металлов	20
2.2.1.	Методика приготовления ингибитора.	20
2.2.2.	Методика гравиметрии.....	21
2.2.3.	Методика потенциодинамических испытаний	21
2.2.4.	Оптическая микроскопия	22
2.2.5.	Атомно силовая микроскопия	22
3.	РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ	24
3.1.	Микроскопия металлов	24
3.2.	Гравиметрические испытания.....	26
3.3.	Коррозионные диаграммы сталей.....	30
4.	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	32
4.1.	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	32
4.1.1.	Анализ конкурентных технических решений	33
4.2.	SWOT-анализ	34
4.3.	Планирование научно-исследовательских работ	36
4.3.1.	Структура работ в рамках научного исследования	36
4.3.2.	Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	37
4.4.	Бюджет научно-технического исследования	40
4.4.1.	Расчет материальных затрат научно-технического исследования	41

4.4.2.	Расчет амортизации специального оборудования	41
4.4.3.	Основная заработная плата исполнителей темы	42
4.4.4.	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	43
4.4.5.	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	44
4.4.6.	Накладные расходы	44
4.4.7.	Бюджетная стоимость НИР	44
4.5.	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	45
4.5.1.	Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования	46
4.5.2.	Интегральный показатель ресурсоэффективности	47
4.5.3.	Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки	47
5.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	49
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	49
5.2	Производственная безопасность	50
5.3	Экологическая безопасность	58
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	59
	СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ	63

ВВЕДЕНИЕ

Благодаря своей превосходной механической прочности и сравнительно низкой стоимости стали используются во многих областях промышленности. Однако эти материалы подвержены коррозии, особенно в кислых средах. Добавление ингибиторов в различные агрессивные среды позволило разработать эффективный и популярный метод защиты металлических поверхностей от коррозии, поскольку он прост в применении и сравнительно недорог [1].

Можно выделить два современных направления разработки новых ингибиторов – включение в их состав наночастиц (НЧ) и применение «зеленых ингибиторов», веществ, являющихся отходами производства или синтезируемых на основе растительного сырья [2, 3, 4].

Ранее нами были применены водные суспензии наночастиц диоксида циркония в качестве добавки к органическим ингибиторам коррозии (полиэтиленгликоль, тиомочевина) [5] и показана эффективность таких составов. Частицы диоксида циркония, получаемые на установке нанораспылительной сушки, представляют собой сферы, размером от 3 до 7 мкм, в зависимости от диаметра отверстия сопла, состоящие из кристаллитов размером порядка 100 нм [6].

Цель работы – разработать ингибитор коррозии на основе суспензии наночастиц оксида цинка, полученного методом нанораспылительной сушки, в растворе экстракта и масле пихты.

Задачи:

1. Обзор текущих исследований по использованию наночастиц и растительного сырья в качестве ингибиторов коррозии.
2. Получение ингибитора на основе наночастиц оксида цинка, экстракта или масла пихты.
3. Оценка влияния шероховатости сталей Ст3 и У8А на изменение их коррозионной устойчивости в концентрированном растворе кислот методом гравиметрии.
4. Оценка влияния шероховатости сталей Ст3 и У8А на изменение их коррозионной устойчивости в разбавленном растворе кислот методом потенциодинамических испытаний.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Исходя из выбранной темы исследования, для обзора литературы были выбраны три основных направления:

1. Современные ингибиторы коррозии и действие ингибиторов коррозии.
2. Различные методы измерения скорости коррозии
3. Различные способы получения ингибиторов коррозии.

1.1. Современные ингибиторы коррозии и действие ингибиторов коррозии

В работе [7] авторы обобщают существующие методы защиты металлов. Распространенным методом защиты является применение ингибиторов, снижающих скорость коррозии металлов и сплавов в производственных условиях, контактирующих с агрессивными средами. В настоящее время изучено большое количество органических и неорганических веществ, влияющих на скорость коррозии металлов в кислых средах. Органические ингибиторы в основном используются из-за их способности образовывать защитную пленку на металлических поверхностях. К эффективным органическим ингибиторам относятся те, которые содержат атомы азота, серы и кислорода. В то же время ведутся исследования по поиску природных или «зеленых» ингибиторов коррозии. Установлено, что для снижения скорости коррозии можно использовать натуральные продукты, растения и их экстракты. Природные вещества легкодоступны, производятся из возобновляемых ресурсов и, что важно, оказывают низкое воздействие на окружающую среду.

В качестве ингибиторов можно использовать натуральные продукты, растения и их экстракты. Поэтому, чтобы уменьшить скорость кислотной коррозии. В таблице 1 перечислены натуральные продукты, которые изучались в качестве ингибиторных добавок для защиты некоторых металлов и сплавов. В таблице 2 показаны растительные экстракты, а также металлы и сплавы, скорость коррозии которых можно снизить с помощью этих экстрактов.

Таблица 1– Натуральные продукты и полимеры, используемые в качестве ингибиторов[7]

№ п/п	Источник натурального продукта	Защищаемый металл или сплав
1	Экстракт мексиканского чая, экстракт листьев османтуса душистого, водный экстракт китайского гибискуса, водный экстракт куркумы длинной, водный экстракт ларреи трехзубчатой	Углеродистая сталь
2	Спиртовой экстракт семян гарцинии, экстракт цветов банана заостренного, экстракт растения мексиканской аргемоны, водный экстракт лаванды зубчатой, экстракты мелегетского перца, экстракты коры и листьев кадамбы, экстракт листьев мураи Кенига, берберин из китайского лимонника, экстракт розеллы, экстракт листьев моринды цитрусолистной	Малоуглеродистая сталь
3	Экстракт растений конопли	Медь
4	Масло полыни	Сталь
5	Танин мангрового дерева, вернония, сок фруктов финика пальчатого, водный экстракт чеснока, прополис, опунция индийская, экстракт табака	Алюминий
6	Луковый сок	Цинк
7	Экстракт граната обыкновенного	Латунь
8	Лаванда стэхадская	Нержавеющая сталь

Таблица 2– Экстракты природных продуктов, используемых в качестве ингибиторов[7]

№ п/п	Продукт	Защищаемый металл или сплав
1	Кофеин	Углеродистая сталь, медь
2	Пурин и аденин	Медь
3	Витамин В ₁	Хромомолибденовая сталь, медь, никель
4	Витамин В ₆	Никель
5	Витамин В ₉	Ингибитор образования накипи
6	Витамин С	Сталь, никель
7	Лимонная кислота	Алюминий
8	Бензойная кислота	Железо, алюминий
9	Пептин	Алюминий
10	Лигнин	Алюминий
11	Крахмал маниоки	Алюминий
12	Каррагинан	Алюминий
13	Хитозан	Сталь

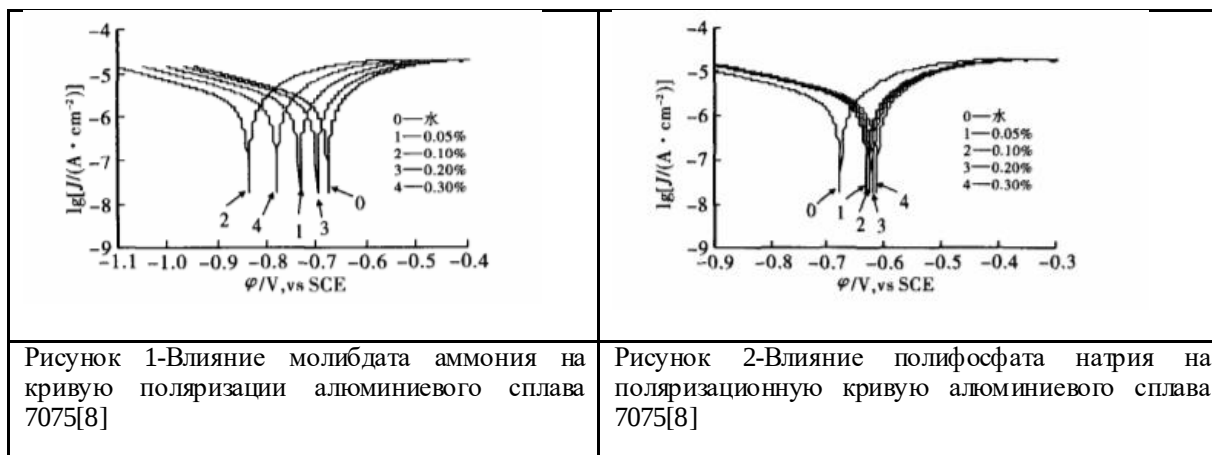
1.2. Методы оценки коррозионной устойчивости

Коррозионные диаграммы (поляризационные кривые) для металлов с ингибиторами

Кривая поляризации позволяет наблюдать замедление скорости коррозии металла под действием ингибитора коррозии, поэтому ее можно использовать в качестве метода изучения действия ингибитора коррозии.

В работе [8] видно, что по мере увеличения добавки молибдата аммония коррозионный потенциал металла смещается в положительную сторону (рисунок 1), и

ионам металла приходится преодолевать большой барьер для входа в раствор с поверхности металла, что значительно увеличивает коррозию металла. Это показывает, что молибдат аммония может улучшать эффект пролонгированного высвобождения, и в пределах определенного диапазона массовых долей с увеличением количества добавки эффект пролонгированного высвобождения становится лучше.



После добавления полифосфата натрия потенциал коррозии смещается в отрицательную сторону (рисунок 2), уменьшается плотность тока коррозии и снижается скорость коррозии.

С увеличением количества ингибитора коррозии плотность тока коррозии становится меньше, а скорость коррозии снижается, что указывает на то, что добавление сукцината натрия может улучшить эффект ингибирования коррозии, и в пределах определенного диапазона массовых долей чем больше ингибитора коррозии, тем быстрее скорость коррозии (рисунок 3).

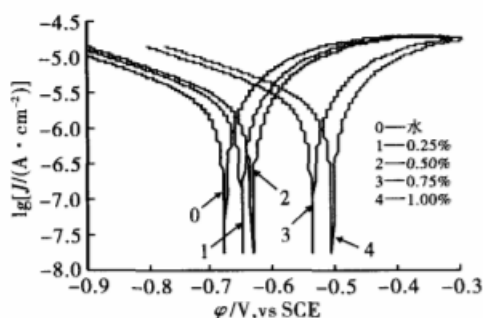


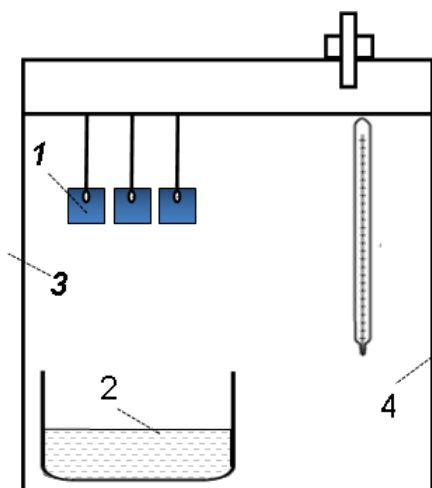
Рисунок 3-Влияние сукцината натрия на кривую поляризации алюминиевого сплава 7075[8]

Испытания в климатической камере [9]

Соляной туман — стандартизованный метод тестирования, используемый для определения коррозионной стойкости защитных покрытий.

Устройство для тестирования состоит из герметично закрытой камеры, в которой через сопло распыляют раствор соли (в основном, раствор хлорида натрия).

Тесты, выполняемые с 5 % раствором NaCl, называют англ. NSS (neutral salt spray) — нейтральный соляной туман.



На рисунке 4 изображена принципиальная схема испытаний в солевом тумане.

Гравиметрический метод в растворе

Весовые показатели коррозии наиболее объективно отражают процесс коррозии в случае ее равномерного протекания, т. е.

- по положительному показателю изменения

Рисунок 4—Испытание металлов в климатической камере: 1 – образец; 2 – вода или солевой раствор; 3 – коррозионная среда (влажная атмосфера); 4 – камера;

$$K_m^+ = \frac{\Delta m^+}{S\tau},$$

массы

где Δm^+ — увеличение массы металла

на корродирующей поверхности за счет

образования продуктов коррозии, плотно сцепленных с поверхностью металла; S — площадь корродирующей поверхности, см^2 ; τ — время коррозии, ч.

Если продукты коррозии металла легко отделяются от поверхности, такой показатель коррозии не применим, так как он не дает объективного показателя изменения массы. В этом случае тщательно удаляют все продукты коррозии и рассчитывают скорость коррозии так, как рекомендуется;

- по отрицательному показателю изменения массы

$$K_m^- = \frac{\Delta m^-}{S\tau},$$

где Δm^- — убыль массы металла после удаления продуктов коррозии.

При необходимости можно пересчитать значения из положительного показателя скорости коррозии в отрицательный и наоборот, если известен состав продуктов коррозии.

1.3. Различные методы приготовления ингибиторов коррозии

Вымойте материал и просушите в сушильном шкафу



Измельчение в шаровой мельнице



60°C

Окуните 4 грамма порошка в 25 мл раствора NaOH, Затем добавьте этанол.



Фильтровальный раствор



70°C 23 h

Испаренный этанол

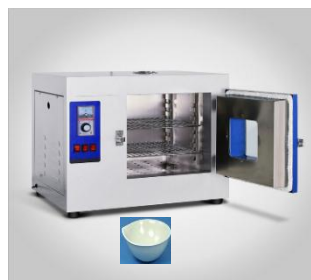


Рисунок 5-Приготовление ингибитора зеленой коррозии методом экстракции

В работе [10] зеленый ингибитор коррозии готовят экстракционным методом, предварительно собранные листья платана промывают, сушат в печи при температуре 60°C и сушат. Измельчить в порошок. Затем порошок предварительно обрабатывали 25 мл водного раствора NaOH, растворяли в течение 1 ч, а затем добавляли 80 мл этанола. Затем раствор помещали на водяную баню при 70°C еще на 23 часа. После фильтрации этанол выпаривали с получением ингибитора коррозии зеленого экстракта.

Промойте образец раствором гидроксида натрия.



Сушка торфа



Измельчение торфа в шаровой мельнице



Термобарохимическая обработка



130-150 °C 2-4h

Центрифугируйте раствор, чтобы выпал осадок.

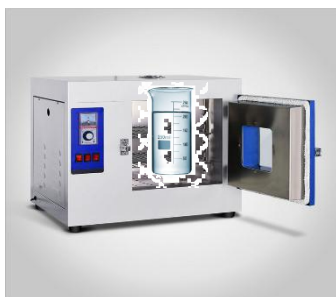


Рисунок 6-Приготовление ингибитора зеленой коррозии методом горячего прессования

В работе [11] сырье подвергают химической обработке горячим прессованием для получения ингибиторов сырой коррозии. Образцы промывали затем обрабатываются для анализа, высушиваются на воздухе и измельчаются до размера частиц менее 1 мм с помощью шаровой мельницы. Затем образцы подвергали автоклавной химической обработке раствором аммиака при температуре 130-150°C в течение 2-4 часов.

Наконец, торф замачивают в центрифуге для получения раствора гуминового препарата в центрифуге, а осадок представляет собой оставшийся аммонизированный торф.

Вымойте материал и
просушите в термошкафе



60°C 12h

Измельчение в шаровой мельнице



IBMU-100-2

Добавьте деионизированную
воду и нагрейте до 65°C



65°C

Центрифуга нерастворенная



15min

Выпарить водный растворитель для извлечения
зеленого ингибитора коррозии.



65°C 24h

Рисунок 8-Получите ингибиторы зеленой коррозии, используя простой, экологически безопасный метод на водной основе.

В работе [12] был использован простой, экологически чистый метод извлечения соединений из зеленой скорлупы грецкого ореха. Скорлупу зеленых грецких орехов сначала измельчают, удаляют 30 г и сушат при 60°C в течение 12 часов, затем смешивают с 1 л деионизированной воды. Нагрейте раствор до 65 °C и извлеките из него водорастворимые соединения. Второй центрифугируйте смесь в течение 15 мин, чтобы полностью удалить нерастворенные частицы. Наконец, нагревают при 65°C в течение 24 часов, чтобы выпарить водный растворитель и получить порошок сухого экстракта.

Я думаю, что метод экстракции - самый простой способ извлечь ингибитор зеленой коррозии, потому что принцип прост, низкая стоимость и нет необходимости в сложных экспериментальных операциях, просто обратите внимание на время и температуру.

Таблица 3– Критериальный анализ ингибиторов коррозии

Ингибитор	Металл и среда испытания	Получение			Коррозионные характеристики	
		метод	Сложность (1)	среда	Потеря, массы, г/м ²	η, %
Гумины на основе торфяного и сапропелевого сырья [10]	Сталь, NaOH	Термобарохимическая обработка	1	Раствор аммиака	8.43	70
Экстракт отходов листьев платана [11]	Сталь, HCl	Экстракция	2	0,1 моль / л водный раствор NaOH	5.3	80
Экстракт зеленой шелухи грецкого ореха [12]	Сталь, HCl	Экстракция	3	деионизированная вода	1.7	84

2. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

2.1. Оборудование и реактивы

В работе нами использовались следующие приборы и реактивы, указанные в таблице 4

Таблица 4– Оборудование и реактивы

Оборудование	Реактивы
• Весы электронные лабораторные ALC-110d4 • Атомно-силовой микроскоп NanoEducator фирмы NT-MDT • Оптический микроскоп "ЛОМО ММН-2" • Nano Spray Dryer B-90, (Швейцария); • Потенциостат CorrTest CS310	• Нитрат цинка $Zn(NO_3)_2$ • Аммиак (NH_4OH) • Наночастицы ZnO (хч); • Тиомочевина NH_2CSNH_2 (хч); • Кислота азотная HNO_3 (хч); • Кислота соляная HCl (хч); • Гидроксид натрия $NaOH$ (хч); • Раствор Рингера (хч) • Экстракт пихты сибирской (БИОЛИТ) • Эфирное масло пихты 100 % (РФ ООО «Эфирные масла»)

2.2. Методики исследования коррозии металлов

В качестве объектов исследования коррозионной устойчивости были выбраны образцы сталей двух марок: инструментальная сталь У8А и Ст3.

2.2.1. Методика приготовления ингибитора.

Методика получения суспензии

Суспензия « $ZnO + H_2O$ » получена методом прямого осаждения из 0,25 М раствора соли цинка с добавлением 25% водного аммиака (NH_4OH). При добавлении полученного раствора в аммиак, частицы выпадали в осадок, который промывали дистиллированной водой до удаления побочных продуктов (аммиак).

После получения суспензии готовили суспензии наночастиц оксида цинка в водном растворе тиомочевины, экстракте или масле пихты, затем обрабатывают образцы У8А и Ст3. Мы использовали два способа нанесения ингибитора:

1. После добавления наночастиц оксида цинка в тиомочевину или пихтовое масло и перемешивания до получения ингибитора протирают поверхность образца тканью, пропитанной ингибитором, сушат при комнатной температуре.

2. Сначала готовят суспензию наноксида цинка, смазывают поверхность образца и высушивают его на воздухе естественным образом, затем образец протирают тканью,

смоченной тиомочевинной или пихтовым маслом, после чего высушивают при комнатной температуре.



Рисунок 9-Установка – Nano Spray Dryer B-90

2.2.2. Методика гравиметрии

Потерю массы стальных образцов в агрессивной среде измеряли гравиметрическим методом. В качестве агрессивной среды использовали смесь кислот: $\text{HNO}_3 - \text{HCl} - \text{H}_2\text{O} = 20:30:50$ (об.%)

Подготовленный образец помещали в агрессивную среду и периодически (через 5 минут) измеряли потерю веса стального образца.

При измерениях использовали электронные лабораторные весы ALC-110d4.



Рисунок 10-Весы электронные лабораторные ALC-110d4

2.2.3. Методика потенциодинамических испытаний

Для изучения потенциала коррозионной защиты разных ингибиторов использовали

метод вольтамперометрии с трехэлектродной ячейкой на потенциостате CorrTest CS310. В качестве фонового электролита использовали 0,1 М растворы HCl и NaOH. В качестве рабочего электрода использовали подготовленные стальные образцы ($S = 0.25 \text{ см}^2$); в качестве вспомогательного электрода и электрода сравнения – насыщенные хлоридсеребряные электроды.

Регистрацию кривых в режиме циклической вольтамперометрии от -0.5 до 0.2 В, скорость разверстки потенциала 10 мВ/с.



Рисунок 11-Потенциостат CorrTest CS310

2.2.4. Оптическая микроскопия

Оптические изображения поверхности образцов стали У8А и Ст3 были получены при помощи оптического металлографического микроскопа «ЛОМО ММН-2».

Используемые в работе характеристики

Увеличение микроскопа	50х - 500х
Объективы планохроматы	4х0,10: 40х0,65
Окуляр широкопольные	12.5х/15мм*
Источник света	Светодиод

2.2.5. Атомно силовая микроскопия

Атомно-силовые микроскопические исследования рельефа поверхности образцов проводились на сканирующем микроскопе Нано Лаборатория ИНТЕГРА Прима (АОА «НТ-МДТ») в Наноцентре ТПУ, г. Томск.

Использовались алмазоподобные кантилеверы высокого разрешения (NSG01-A) длиной 125 мкм, резонансная частота 230 кГц, радиус кривизны иглы составляет 10 нм, силовая постоянная 15,1 Н/м. длина иглы 16 мкм. Размер области сканирования 100 мкм.

Скорость и шаг сканирования, амплитуда колебаний кантилевера, были выбраны с акцентом на получение наиболее резких и контрастных изображений АСМ. Измерения топографии образцов стали У8А и Ст3 проводились в режиме полуконтактной микроскопии на воздухе, определялось изменение амплитуды колебаний иглы

кантилевера, что определяет топографию поверхности и фазовый сдвиг колебаний, что связано с локальными различиями в адгезии поверхности и может быть интерпретировано как изменение фазового состава.

Представленные с помощью зондового микроскопа измерения демонстрируют как двумерные, так и трехмерные изображения поверхности. Анализ микрофотографий поверхности представляет собой сравнение стандартные среднеарифметических параметров поверхности проводимое с помощью программного обеспечения. Сравнивались полученные микропрофили образцов стали У8А и Ст3.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

3.1. Микроскопия металлов

Для оценки влияния шероховатости были использованы две наждачные бумаги для шлифовки сталей. После подготовки поверхностей были получены АСМ изображения для каждого вида образцов (рисунок 11, 12) для оценки морфологии поверхности сталей.

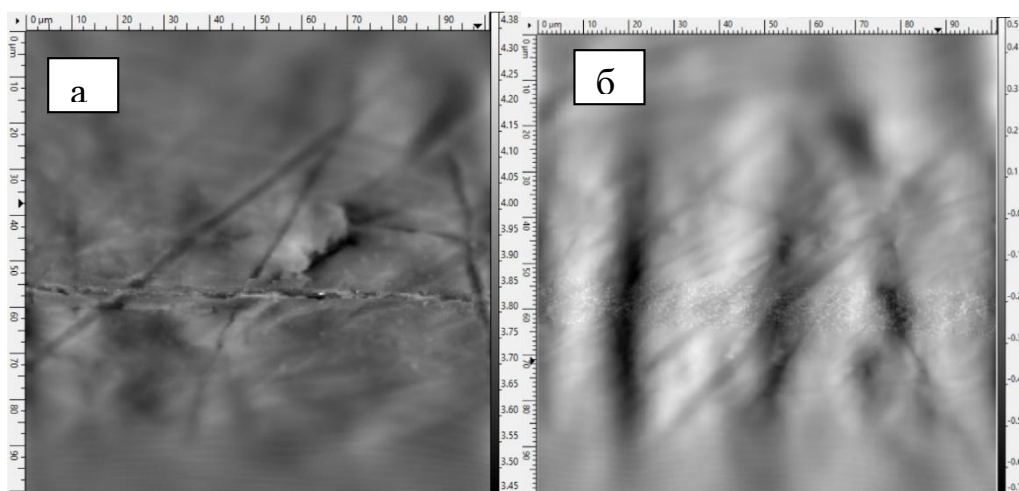


Рисунок 12- АСМ изображения стали У8А: а – Р 280, б – Р 600–800

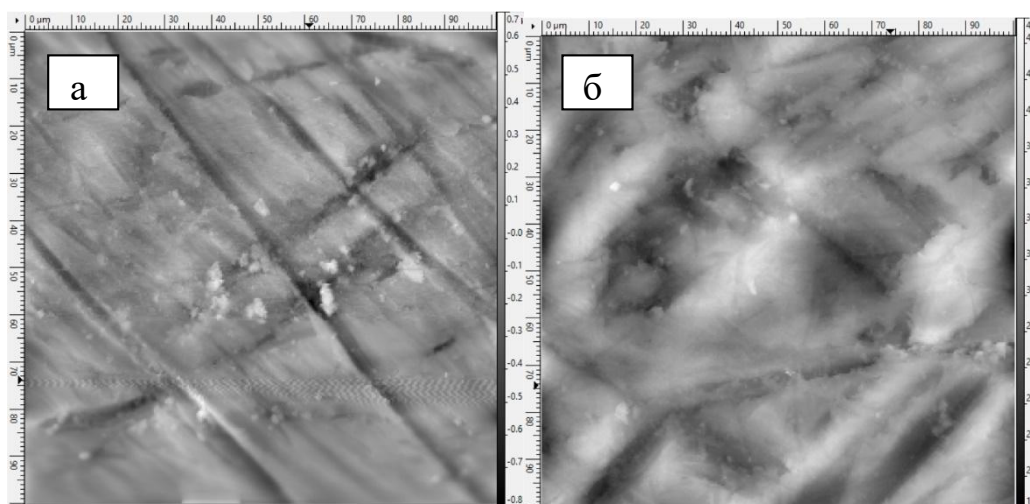
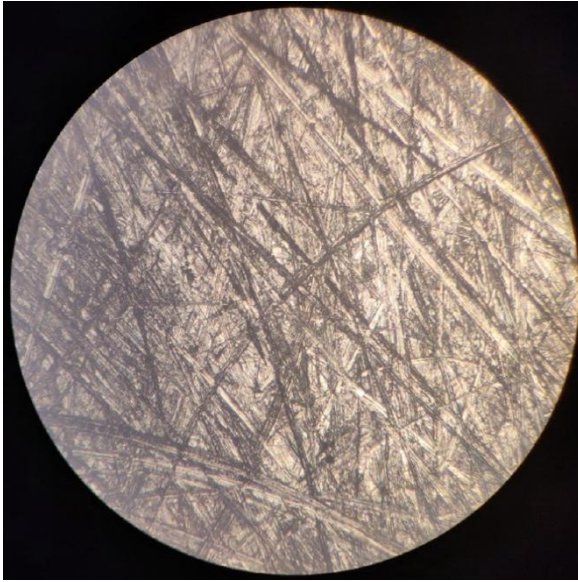


Рисунок 13. АСМ изображения стали Ст3: а – Р 280, б – Р 600–800

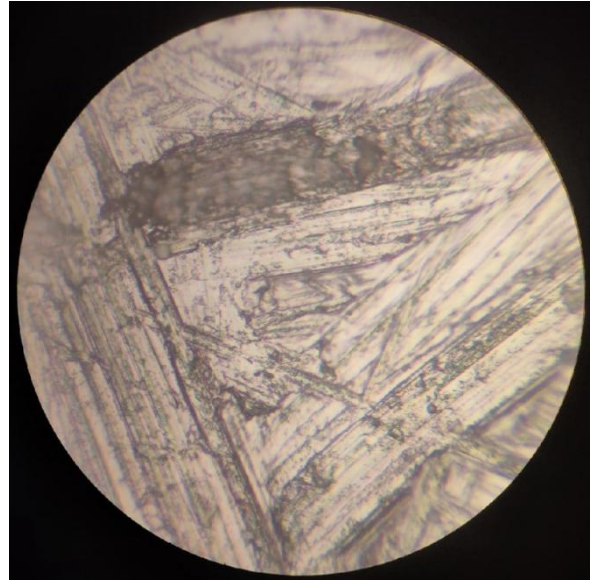
Таблица 5-Расчетные значения шероховатости, R_a , нм

У8А (Р 280)	У8А (Р 600–800)	Ст3 (Р 280)	Ст3 (Р 600–800)
35,93	40,12	76,69	91,33

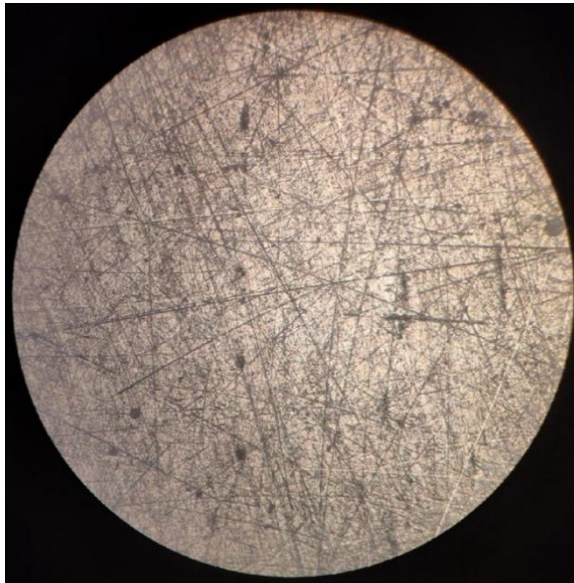
Исходя из полученных изображений и значений шероховатости (таблица 5), рассчитанных в программе Gwyddion более гладкая поверхность формируется при использовании шлифовальной губки с большей зернистостью.



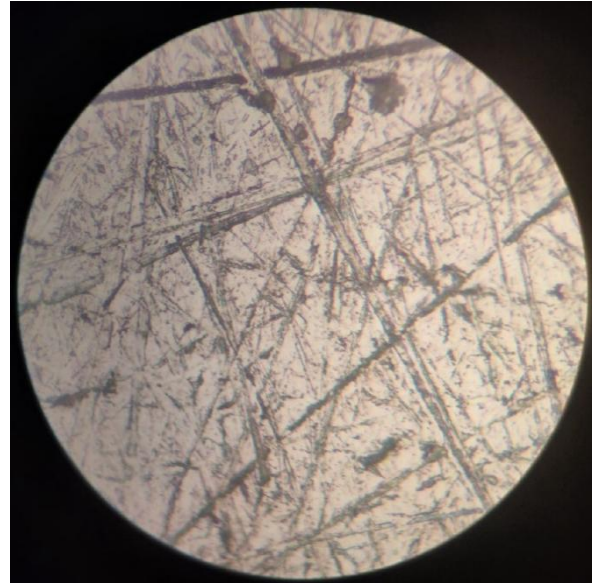
Y8A p60 ($\times 50$)



Y8A p60($\times 500$)



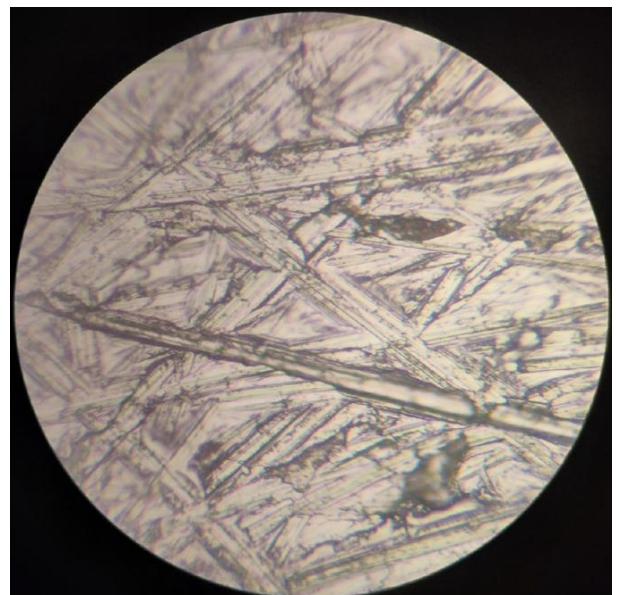
Y8A p320 ($\times 50$)



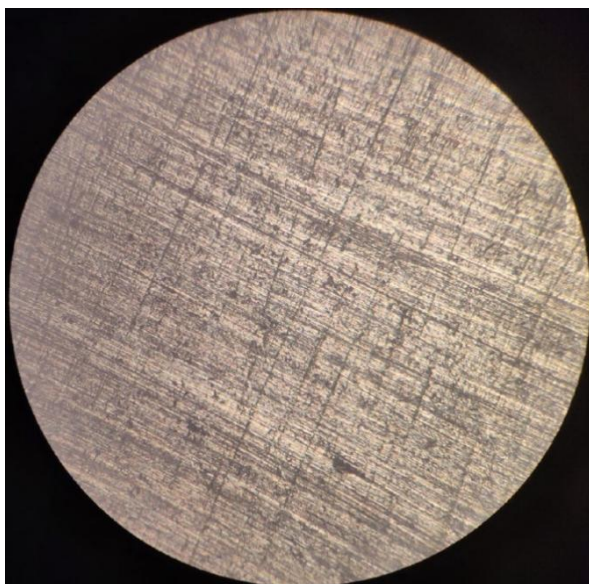
Y8A p320 ($\times 500$)



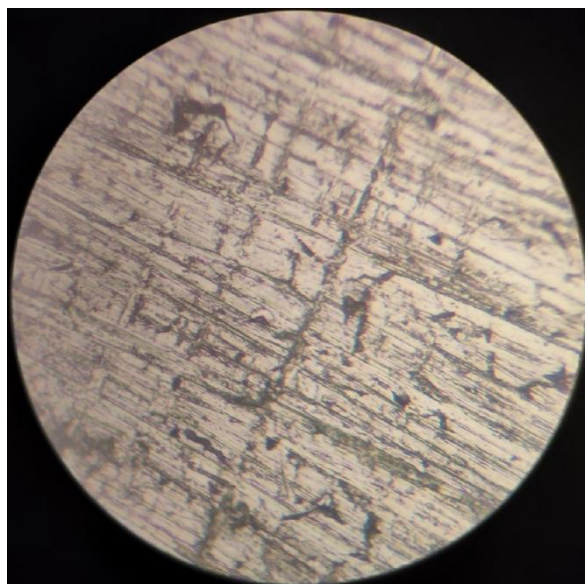
Cr3 p60 ($\times \times 50$)



Cr3 p60 ($\times 500$)



Ст3 p320(×50)



ст3 p320 (×500)

Рисунок 14-Оптические изображения сталей:

Грубая шлифовка (p60) и мягкая шлифовка (p320)

Для наблюдения влияния шероховатости поверхности на действие ингибитора коррозии металлические поверхности шлифовали соответственно наждачной бумагой P60 и P320. По полученным изображениям было установлено, что более гладкая поверхность будет образовываться при использовании шлифовальной губки с более крупным размером частиц.

3.2. Гравиметрические испытания

Для быстрой оценки коррозионных свойств были проведены гравиметрические испытания в агрессивной среде смеси соляной и азотной кислот (рисунки 14,15).

Из графика, представленного на рисунке 14 видно, что применение ингибитора увеличивает коррозионную стойкость образцов с разными значениями шероховатости.

Большие границы погрешности для У8А (Р 600-800) вероятно связаны с наличием больших неоднородностей в морфологии поверхностей образцов из-за чего травление металла проходит с разными скоростями. Использование ингибитора коррозии в данном случае позволяет не только увеличить коррозионную стойкость, но и выровнять поверхность посредством заполнения дефектов наночастицами оксида цинка, что отражено в меньших погрешностях измерения потери массы для ряда образцов.

Меньший эффект ингибирования для У8А (Р 280) обусловлен двумя факторами: менее дефектной поверхностью, что позволяет закрепиться меньшей части наночастиц на поверхности, и изначально высокими значениями коррозионной стойкости в сравнении с У8А (Р 600-800).

На рисунке 15 представлен график потери массы подготовленной аналогичным образом стали марки Ст3.

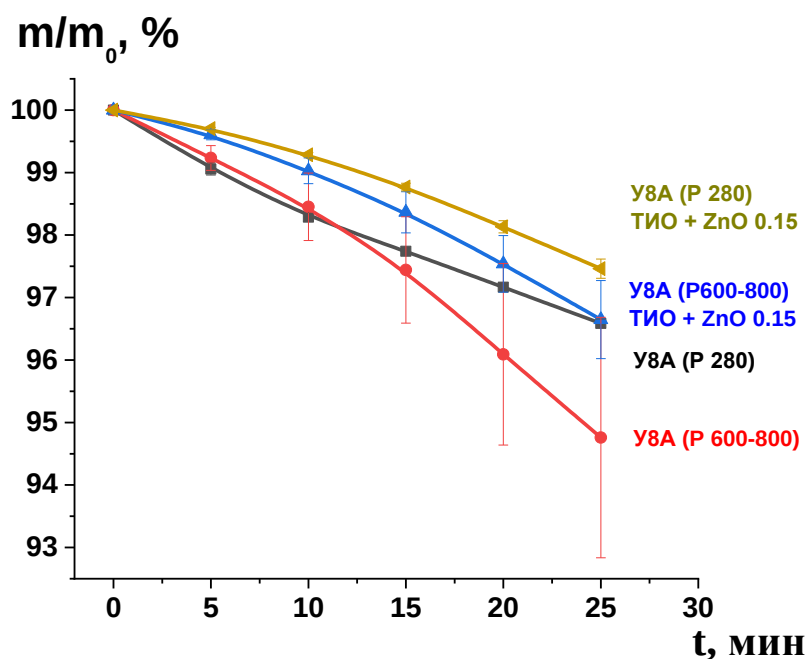


Рисунок 15-Потеря массы стали У8А обработанной ингибитором на основе тиомочевины в смеси $\text{HCl} - \text{HNO}_3$

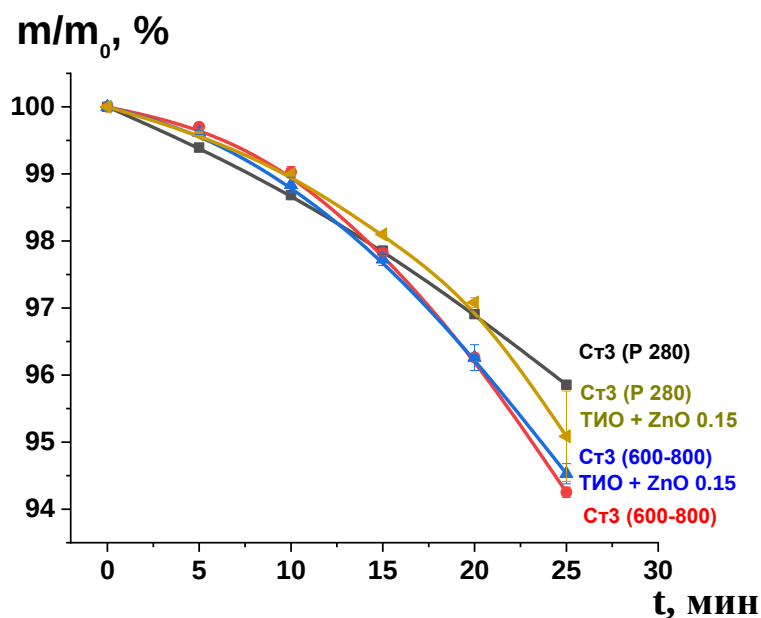


Рисунок 16- Потеря массы стали Ст3 обработанной ингибитором на основе тиомочевины в смеси $\text{HCl} - \text{HNO}_3$

В данном случае ингибитор не показал эффективности сравнимой со сталью У8А, что отражено в практически идентичном ходе кривых травления, как обработанных, так и не обработанных образцов на большей части графика. Однако стоит отметить, что Ст3 (Р

280), обладающая меньшей шероховатостью в сравнении с Ст3 (Р 600-800), по аналогии со сталью У8А показала большую коррозионную стойкость, что говорит о значительном вкладе морфологии поверхности в свойства стали.

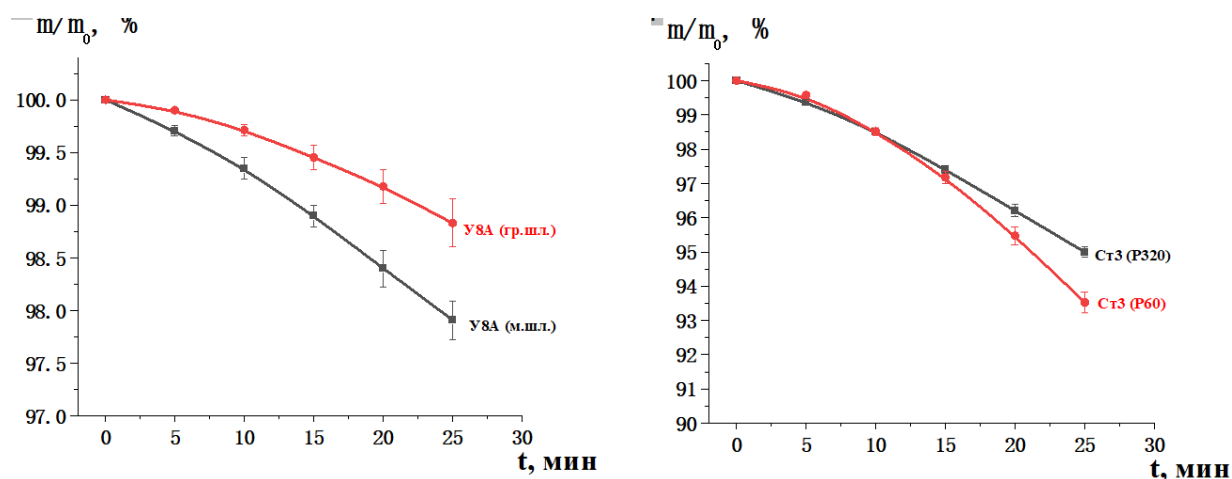


Рисунок 17-Кривые травления У8А и Ст3 в (HCl-HNO_3) с различной шероховатостью при обработке ингибиторами

На рисунках 17, 18 представлены графики потери массы сталей У8А с различной шероховатостью при использовании зеленых ингибиторов.

Как масляный, так и пихтовый экстракты показали свою эффективность, что отразилось на меньшей потере массы образцов.

В этих экспериментах использовалась методика нанесения только наночастиц и ингибиторов, которая показала свою эффективность во всех случаях, кроме пихтового масла на образцах Р320.

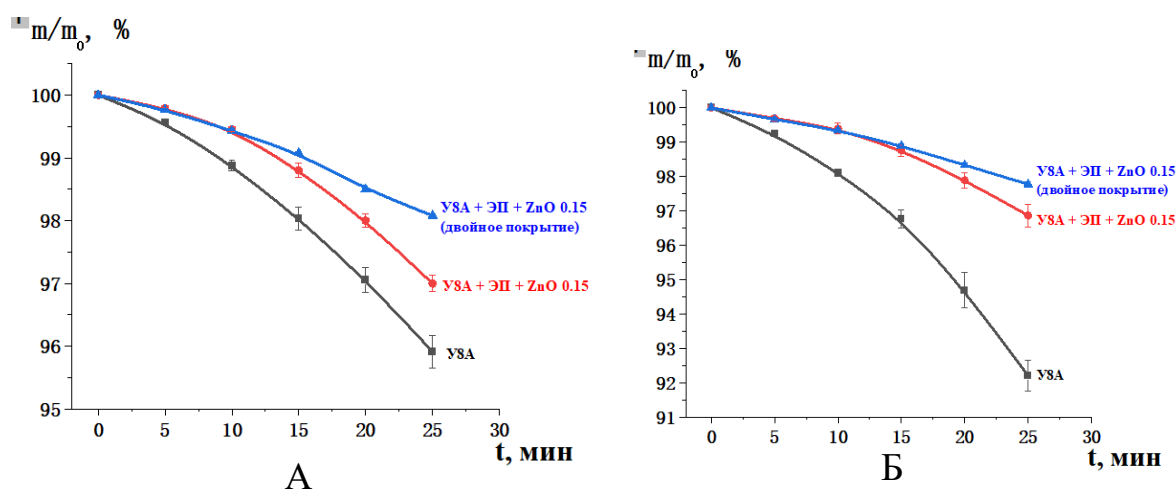


Рисунок 18-Кривые травления для стали У8А обработанной ингибитором на основе экстракта пихты при травлении в (HCl-HNO_3) А-Р60 Б-Р320

На рисунках 19, 20 показан график потери массы сталей Ст3 с разной шероховатостью при использовании зеленых ингибиторов.

При сравнительном анализе двух сталей установлено, что ингибитор на основе пихтового экстракта не оказывает влияния на сталь Ст3.

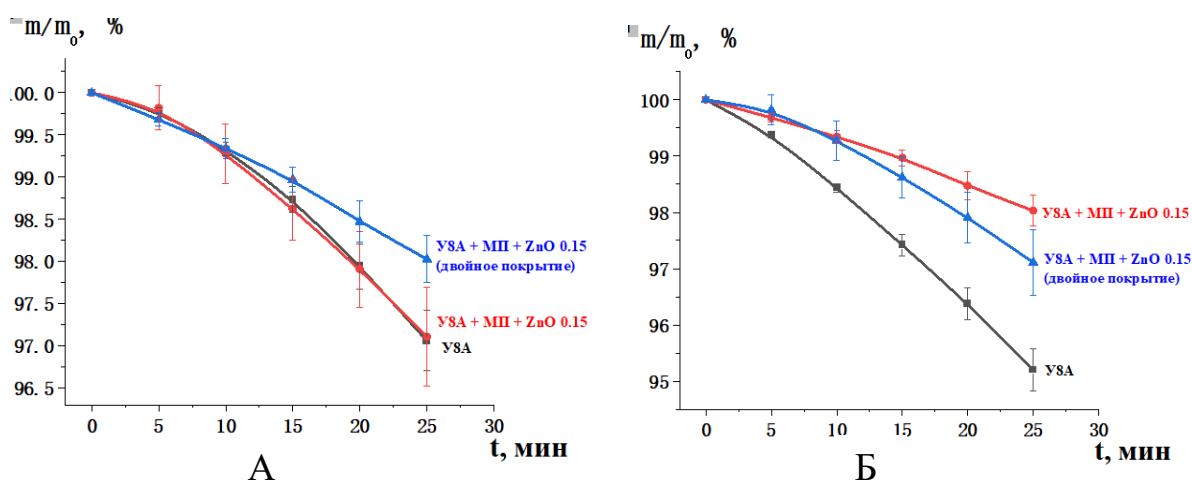


Рисунок 19– Кривые травления для стали У8А обработанной ингибитором на основе масла пихты при травлении в (HCl – HNO3) А-Р60 Б-Р320

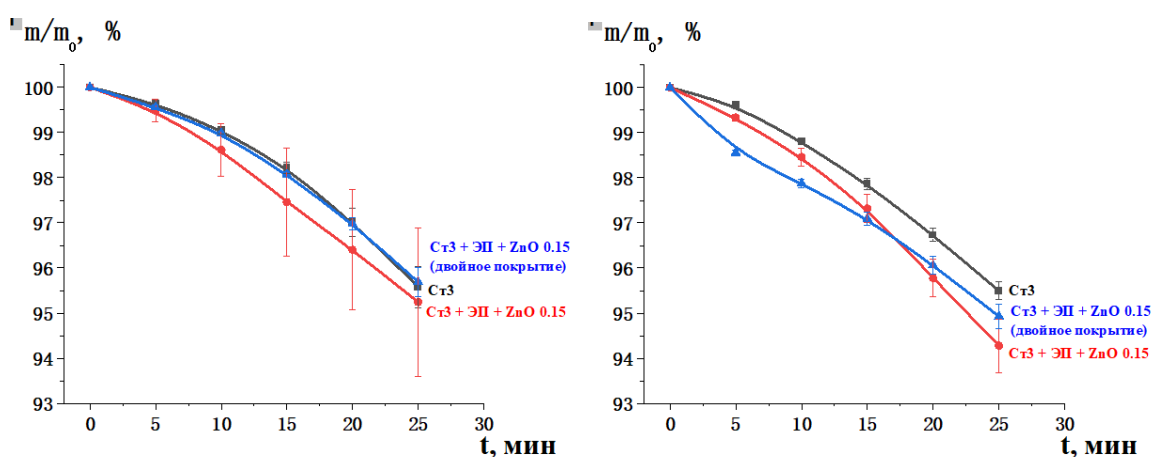


Рисунок 20– Кривые травления для стали Ст3 обработанной ингибитором на основе экстракта пихты при травлении в (HCl – HNO3) А-Р60 Б-Р320

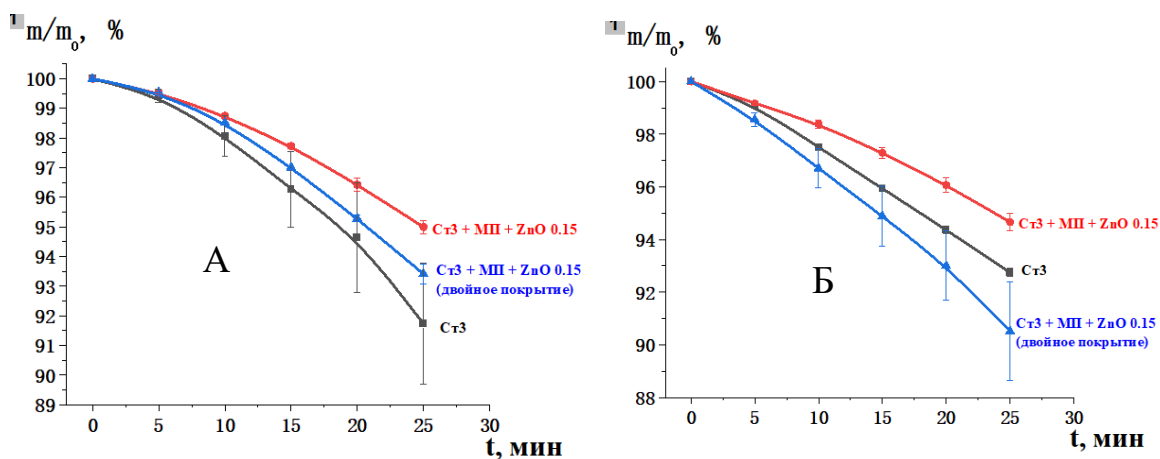


Рисунок 21– Кривые травления для стали Ст3 обработанной ингибитором на основе масла пихты при травлении в (HCl – HNO3) А-Р60 Б-Р320

3.3. Коррозионные диаграммы сталей

Для оценки поведения ингибитора в условиях наложения внешней разности потенциалов были получены потенциодинамические кривые образцов стали с ингибиторами различного состава.

В среды 1 М HCl быстрее корродировали У8А с шероховатостью Р320, а в 0,1 М NaOH быстрее корродировали У8А с шероховатостью Р60. В случае, когда шероховатости Р60, эффективность ингибирования коррозии, полученная при нанесении наночастиц и зеленого ингибитора на поверхность металла по отдельности, лучше, чем при использовании суспензии. В коррозионной среде 0,1 М NaOH наблюдается полностью противоположная картина. Можно отметить, что скорость коррозии металла связана не только с шероховатостью поверхности металла, но и с коррозионной средой.

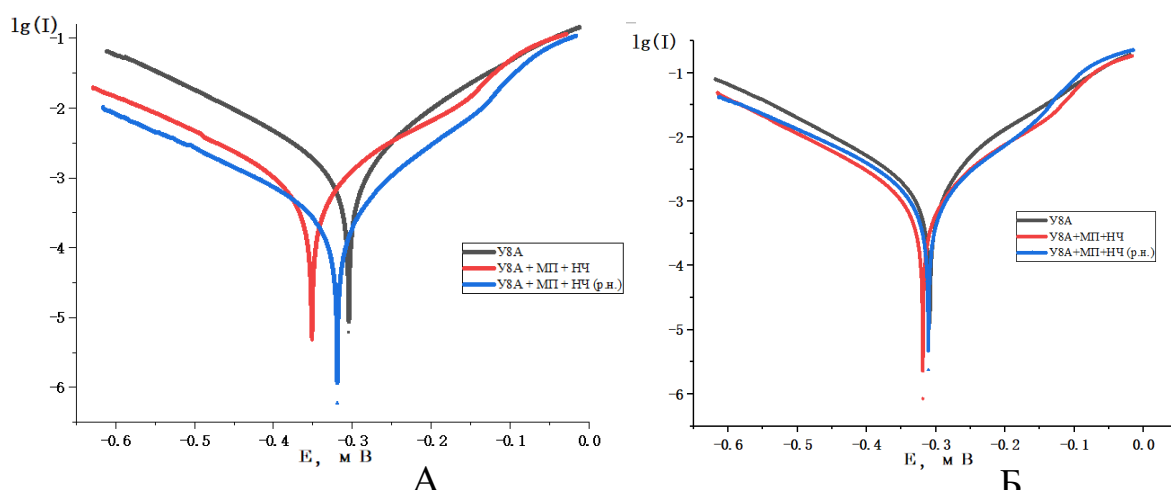


Рисунок 22– Потенциодинамические поляризационные кривые стали У8А, обработанной ингибиторами на основе масла пихты в (1 М HCl) А-Р60 Б-Р320

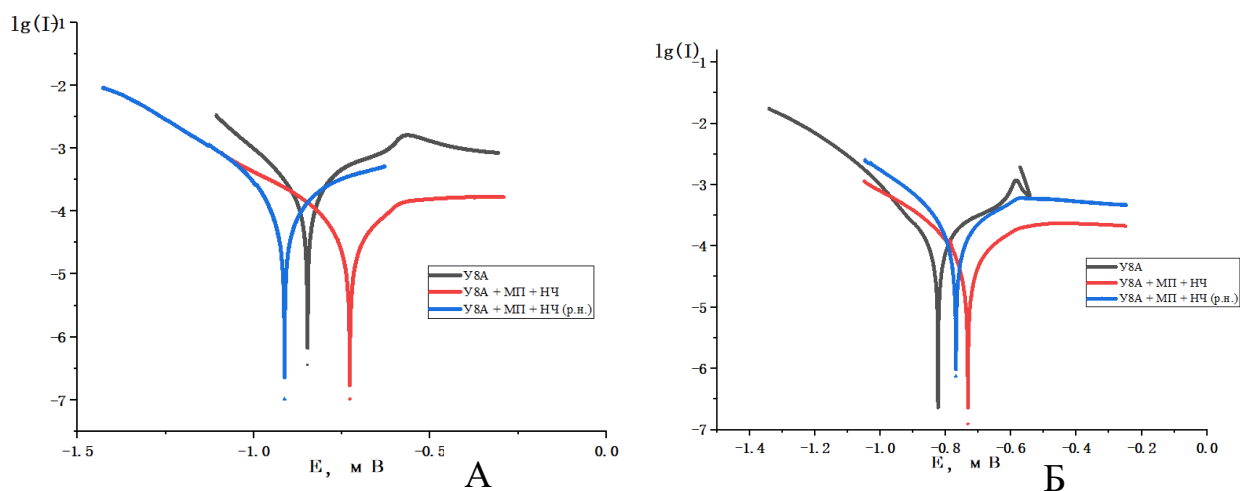


Рисунок 23 –Потенциодинамические поляризационные кривые стали У8А, обработанной ингибиторами на основе масла пихты в (0.1М NaOH) А-Р60 Б-Р320

Таблица 6 - Параметры коррозии стали У8А в 1 М НСl и 0.1 М NaOH , измеренные в режиме потенциодинамических испытаний

образец	1 М НСl			0.1 М NaOH		
	$I_{\text{корр}}$, мкА	$v_{\text{корр}}$, мм/а	$E_{\text{корр}}$, В	$I_{\text{корр}}$, мкА	$v_{\text{корр}}$, мм/а	$E_{\text{корр}}$, В
У8А(Р320)	1860	21.826	-0.308	297	3.49	-0.823
У8А(Р60)	1400	16.42	-0.304	436	5.118	-0.847
У8А(Р320)+МП+НЧ	1184	13.89	-0.318	437	5.13	-0.768
У8А(Р60)+МП+НЧ	803	9.42	-0.351	109	1.28	-0.727
У8А(Р320)+МП+НЧ(Р.Н.)	1224	14.37	-0.315	262	3.07	-0.731
У8А(Р60)+МП+НЧ(Р.Н.)	302	3.55	-0.319	162	1.9	-0.912

Рассчитанные по коррозионным диаграммам параметры коррозии приведены в таблице 6. По результатам потенциодинамических испытаний в среде 1 М НСl ток коррозии был снижен при обеих обработках с применением ингибитора коррозии на основе пихтового масла.

В среде 0,1 М NaOH эта тенденция наблюдается только при раздельном применении наночастиц и ингибиторов.

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Тема проекта: «Использование экстрактов пихты китайской и масел, содержащих наночастицы оксидов металлов, в качестве ингибиторов коррозии». Решения, предложенные в исследовании, должны быть применимы как к производителям деталей из низколегированной стали, так и к предприятиям, эксплуатирующим металлическое оборудование, то есть предприятиям, которым выгодна дополнительная защита металла.

Цель данного раздела заключается в оценке перспективности разработки и планировании финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках НИР. 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.

Целью НИР является разработка ингибитора коррозии металлов на основе суспензий наночастиц оксида цинка.

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

Роль ингибитора коррозии заключается в формировании тонкой пленки на поверхности металла, а поверхность металла имеет большое количество дефектов и трещин, а наночастицы легко заполняются, так что ингибитор нанокоррозии может эффективно замедлять коррозию. нанося ущерб. В данной работе предлагается легко комбинировать наноразмерный оксид металла ZnO с органическими ингибиторами коррозии.

В данной работе были выбраны частицы оксида цинка, поскольку эксперименты показали, что эта металлическая частица обладает высокой адгезионной способностью,

что может способствовать заполнению дефектов и трещин на поверхности металла, тем самым улучшая коррозионную стойкость.

4.1.1. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В процесс исследования рассматривались две конкурирующие разработки:

1. Исследование антикоррозионной способности наносмешанного оксида металла пигментное дисперсное алкидное покрытие и его оптимизация для стали А36;
2. Исследование гидрофобного нано- TiO_2 покрытия и его свойств для коррозионной защиты металлов.

В таблице 7 представлено сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 7– 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. Устойчив к агломерации	0,14	5	3	3	0,7	0,42	0,42
2. Размер частицы	0,13	5	4	2	0,65	0,52	0,26
3. Выдерживание высоких температур	0,08	4	1	5	0,32	0,08	0,4
4. Коррозионная стойкость	0,08	5	2	3	0,4	0,16	0,24
5. Технологичность	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15
6. Эффективность работы	0,16	5	2	2	0,8	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Реализация продукта	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Уровень охвата рынка	0,03	4	5	3	0,12	0,15	0,09
3. Предполагаемая цена	0,08	5	5	3	0,4	0,4	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
5. Финансирование научной разработки конкурентных товаров и разработок	0,03	5	4	5	0,15	0,12	0,15
6. Срок выхода на рынок	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15
7. Наличие сертификации разработки	0,03	5	4	4	0,15	0,12	0,12
Итого	1	82	64	64	4,89	3,33	3,36

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

4.2. 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 8.

Таблица 8– Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Простое в сборке и обращении оборудование.	Сл1. Дороговизна оборудования
С2. Квалифицированная проектная команда	Сл2. Получение продукта в малых количествах
С3. Доступность сырья.	Сл3. Необходимость поддерживать качество готового продукта
С4. Наличие бюджетного финансирования	Сл4. Высокие требования к точности изготовления продукта.
Возможности	Угрозы
В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	У1. Отсутствие спроса на технологии производства
В2. Появление дополнительного спроса на технологию.	У2. Ограничения на экспорт технологии
В3. Получение чистого продукта.	У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции
В4. Спрос на экологически безопасную продукцию	У4. Возможный рост стоимости сырья

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 9-12.

Таблица 9– Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	B1	+	+	–	+
	B2	+	–	+	–
	B3	–	+	+	–
	B4	+	+	+	+

Таблица 10– Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	–	–	+	+
	B2	+	+	–	+
	B3	–	–	–	–
	B4	–	–	–	–

Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	+	+	+	+
	У2	–	+	–	–
	У3	–	–	–	–
	У4	–	–	–	–

Таблица 12– Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	–	–	–	–
	У2	–	–	+	+
	У3	–	–	–	–
	У4	–	–	–	–

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 13.

Таблица 13– Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта С1. Простое в сборке и обращении оборудование. С2. Квалифицированная проектная команда С3. Доступность сырья. С4. Наличие бюджетного финансирования	Слабые стороны научно-исследовательского проекта Сл1. Дороговизна оборудования Сл2. Получение продукта в малых количествах Сл3. Необходимость поддерживать качество готового продукта Сл4. Высокие требования к точности изготовления продукта.
Возможности В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на технологию. В3. Получение чистого продукта. В4. Спрос на экологически безопасную продукцию.	Направления развития В1С1С2С3. Оборудование ИШНПТ ТПУ позволяют изготавливать изделия по данной технологии. В2С1С3. Высокая эффективность продукции с экологичностью позволяют расширить спрос, использование новейшей информации и технологий соответствует потенциальному спросу на новые разработки. В3С2С3. Высокая антикоррозионные свойства продукции являются хорошим основанием для внедрения технологии в промышленные области. В4С2С3С4. Простота изготовления, использование малого объема сырья, высокая коррозионная стойкость продукции являются основой для экспорта за рубеж и выхода на мировой рынок.	Сдерживающие факторы В1Сл3Сл4. Никакие возможности оборудования не убергут на 100% продукцию от погрешностей и неточностей. В2Сл1Сл2Сл4. Появлению спроса может помешать наличие традиционных предложений на рынке ингибиторов.

Угрозы У1. Отсутствие спроса на технологии производства У2. Ограничения на экспорт технологии У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции У4. Возможный рост стоимости сырья	Угрозы развития У1С1С2С3С4. Несмотря на снижение стоимости разработок конкурентов, наши продукты имеют лучшие механические свойства, больше перспектив развития. У1С2. Наши продукты обладают лучшими механическими свойствами, являются более привлекательными мировом рынке	Уязвимости: У2Сл1Сл2 Недостаточность литературных данных, долгая реализация цикла производства вместе с исследованиями могут дать выиграть время конкурентам.
---	---	--

Анализ интерактивных матриц показывает, что у проекта гораздо больше сильных сторон. Но все же существуют некоторые угрозы для внедрения проекта, такие как дороговизна оборудования и длительный производственный цикл, однако, развитие технологий со временем нивелирует данные трудности.

4.3. Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

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

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

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 14.

Таблица 14– 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	Составление и утверждение плана НИР	инженер, научный руководитель
Выбор способа	3	Обзор научной литературы	инженер

решения поставленной задачи	4	Выбор методов исследования	инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Получение наночастиц оксида цинка методами химического осаждения	инженер
	7	Испытание суспензии на основе тиомочевины с добавлением наночастиц методами гравиметрии и потенциометрии	инженер
	8	Получение РЭМ изображений подготовленных образцов	инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Обработка полученных данных	инженер
	10	Оценка правильности полученных результатов	инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР	11	Составление пояснительной записки.	инженер

4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

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

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

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (5.1)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (5.2)$$

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

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

$\mathbf{Ч}_i$ – 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):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5.3)$$

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

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

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (5.4)$$

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

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 15.

Таблица 15– Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ож\acute{o}i}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика		1		3		1,8	1,8	3
Составление и утверждение плана магистерской диссертации	3	3	6	7	4,2	4,6	4,6	7
Обзор научной литературы	7		10		8,2		8,2	12

Выбор методов исследования	1		3		1,8		1,8	3
Планирование эксперимента	2	2	4	4	2,8	2,8	2,8	4
Получение наночастиц оксида цинка методами химического осаждения	7		9		7,8		7,8	11
Испытание суспензии на основе тиомочевины с добавлением наночастиц методами гравиметрии и потенциометрии	8		10		8,8		8,8	13
Получение РЭМ изображений подготовленных образцов	5		7		5,8		5,8	9
Обработка полученных данных	7		10		8,2		8,2	12
Оценка правильности полученных результатов	6	2	8	4	6,8	3,4	6,8	10
Составление пояснительной записки.	7		10		8,2		8,2	12
Итого:	53	8	76	18	62,6	12,6	64,8	96

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

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 16).

Таблица 16– Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T _{кi} , 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	Исп2	3												
2	Составление и утверждение плана магистерской диссертации	Исп1 Исп2	7												
3	Обзор научной литературы	Исп1	12												

№	Вид работ	Исп	T _{кп} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4	Выбор методов исследования	Исп1	3												
5	Планирование эксперимента	Исп1 Исп2	4												
6	Получение наночастиц оксида цинка методами химического осаждения	Исп1	11												
7	Испытание суспензии на основе тиомочевины с добавлением наночастиц методами гравиметрии и потенциометрии	Исп1	13												
8	Получение РЭМ изображений подготовленных образцов	Исп1	9												
9	Обработка полученных данных	Исп1	12												
10	Оценка правильности полученных результатов	Исп1	12												
11	Составление пояснительной записки.	Исп1	12												

Примечание:

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

4.4. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- 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.

4.4.1. Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции (таблица 17).

Таблица 17 – Затраты на получение суспензии, состоящие из НЧ ZnO – 0,15 % и тиомочевина – 0,5 %.

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Тиомочевина ГОСТ 6344-73	кг	0,1	347,80	34,78
Порошок цинка азотнокислый, кг.	кг	0,295	1900	580,21
Вода дистиллированная ГОСТ 6709-72, л	л	1	14	14
Мыло туалетное ГОСТ 28546- 2002 ГОСТ 790-89	штук	1	35	35
Очки защитные ГОСТ Р 12.4.013-97, шт.	штук	1	58	58
Перчатки резиновые, технические ГОСТ 20010-93, пар	пар	1	12	12
Итого:				734,26

4.4.2. 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:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (5.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (5.6)$$

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

Таблица 18– Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование Оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Аналитические весы Acculab ALC-110d4 (110г / 0,0001г)	1	10	0,89	10	99000	734,25
2	Мультиметр VC980CA+	1	5	0,89	20	1250	18,54
3	Нано Распылительная Сушилка Nanospray Drying B-90	1	7	0,33	14,3	700000	2,750
Итого:		3502,79 руб.					

4.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

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

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

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p, \quad (5.7)$$

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{он} = \frac{Z_m \cdot M}{F_0} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (5.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_0 – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (5.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (5.10)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (5.11)$$

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

Таблица 19– Баланс рабочего времени исполнителей

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

Таблица 20– Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{\text{мс}}, \text{руб.}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}, \text{руб.}$	$Z_{\text{дн}}, \text{руб.}$	$T_{\text{р}}, \text{раб.дн.}$	$Z_{\text{осн}}, \text{руб.}$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	12,6	27055,98
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	62,6	109118,06
Итого:								136174,04

4.4.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 27055,98 = 4058 \text{ руб.} \quad (5.12)$$

– для инженера:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 109118,06 = 16367 \text{ руб.}, \quad (5.13)$$

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

4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{внеб} = K_{внеб}(З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (27055,98 + 4058) = 9566,19 \text{ руб.} \quad (5.14)$$

– для инженера:

$$З_{внеб} = K_{внеб}(З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (109118,06 + 16367) = 37666,5 \text{ руб.}, \quad (5.15)$$

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).

4.4.6. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (5.16)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

Накладные расходы в целом:

$$З_{накл} = (734,26 + 3502,79 + 136174,04 + 20425 + 47232,69) \cdot K_{нр} = 208068,78 \cdot 0,16 = 33291 \text{ руб.}$$

4.4.7. Бюджетная стоимость НИР

Таблица 21– Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета

				нужды	ходов		
3502,79	734,26	136174,04	20425	47232,69	208068,78	33291	241360

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется бюджет НИ «Использование экстрактов пихты китайской и масел, содержащих наночастицы оксидов металлов, в качестве ингибиторов коррозии» по форме, приведенной в таблице 22. В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 22– Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	734,26	3438,23	6142,38	Пункт 5.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	3502,79	9844,5	21334,64	Пункт 5.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	136174,04	136174,04	136174,04	Пункт 5.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	20425	20425	20425	Пункт 5.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	47232,69	47232,69	47232,69	Пункт 5.2.3.4
6	Накладные расходы	33291	34255	35766	Пункт 5.2.3.5
Бюджет затрат НИР		241360	251369	267075	Сумма ст. 1- 6

Где: Исп.2 – Аналог 1

Исп.3- Аналог 2

4.5. 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.

4.5.1. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования

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

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

В качестве аналогов данной НТР рассмотрены:

1) Исследование антикоррозионной способности наносмешанного оксида металла пигментное дисперсное алкидное покрытие и его оптимизация для стали А36 – вариант 1.

2) Исследование гидрофобного нано- TiO_2 покрытия и его свойств для коррозионной защиты металлов – вариант 2.

Вариант 3 – текущая НТР (Использование золь наночастиц оксидов металлов в качестве ингибиторов коррозии).

Интегральный финансовый показатель вариантов выполнения проекти-руемого объекта определялся по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.17)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 241360$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 251369$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 267075$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.1}} = 251369 / 267075 = 0,94;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.2}} = 267075 / 267075 = 1;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{Вар.3}} = 241360 / 267075 = 0,9.$$

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.

4.5.2. Интегральный показатель ресурсоэффективности

Вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 23).

Таблица 23– Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,2	3/0,6	4/0,8	5/1
2. Стабильность работы	0,25	4/1	5/1	5/1,25
3. Надежность	0,3	3/0,9	4/1,2	4/1,2
4. Ремонтопригодность	0,25	5/1,25	5/1,25	5/1,25
ИТОГО	1	14/3,75	18/3,75	19/4,6

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p-вар1} = 3 \times 0,2 + 4 \times 0,25 + 3 \times 0,3 + 5 \times 0,25 = 3,75;$$

$$I_{p-вар2} = 4 \times 0,2 + 5 \times 0,25 + 4 \times 0,3 + 5 \times 0,25 = 4,25;$$

$$I_{p-вар3} = 5 \times 0,2 + 5 \times 0,25 + 4 \times 0,3 + 5 \times 0,25 = 4,7;$$

4.5.3. Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

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

$$I_{вар1} = \frac{3,75}{0,94} = 3,99; \quad I_{вар2} = \frac{4,25}{1} = 4,25; \quad I_{вар3} = \frac{4,7}{0,9} = 5,22.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 24).

Таблица 24 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый	0,9	0,95	1

	показатель разработки			
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,75	4,25
3	Интегральный показатель эффективности	5,22	3,99	4,25
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,76	0,81

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.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Исследование выполнялось в лаборатории Национального исследовательского Томского политехнического университета (ауд. 210а 10 корпуса), оснащенной оборудованием для проведения исследований в области материаловедения и технологии материалов.

В данной работе с использованием частиц ZnO в качестве ингибитора коррозии улучшается адгезия ZnO на наномасштабном уровне, а коррозия металлов в основном лежит в поверхностных дефектах, тем самым повышается коррозионная стойкость. Результаты данной работы имеют научное и практическое значение в области исследования проблем защиты стали от коррозии.

Важнейшим критерием выбора ингибитора коррозии для практического применения является не только скорость замедления коррозии, но и безвредность ингибитора коррозии для окружающей среды. Для оценки эффективности ингибиторов коррозии необходимо рассмотреть правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, потенциально вредные и опасные факторы и способы снижения их воздействия, экологическую безопасность научных работ, вопросы безопасности в аварийных ситуациях.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Сотрудники или учащиеся, достигшие совершеннолетия, должны быть обучены безопасным методам работы в лабораторных и исследовательских лабораториях, а также тому, как обращаться с химическими реагентами в соответствии с научными и инженерными технологиями, прежде чем работать в лаборатории.

При работе с наночастицами и наноструктурными материалами все работники должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты: спецодежда или халат (хлопчатобумажный) прорезиненный с нагрудником; защитные латексные или резиновые перчатки; респиратор; очки защитные, с боковой защитой. Контроль за исполнением требований законодательной базы осуществляется Федеральной инспекцией труда при Министерстве труда и социальной защиты Российской Федерации.

Согласно ТК РФ, N 197 – ФЗ [13] каждый работник имеет право на рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда. Основные эргономические требования организации рабочей зоны исследователя:

- Отсутствие лишних объектов;
- Нужные вещи должны находиться на расстоянии вытянутой руки;
- Рабочее оборудование должно соответствовать технике безопасности и быть удобным;

- Рабочее место должно хорошо освещаться;
- Помещение должно хорошо проветриваться.

В организациях необходимо соблюдение требований трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ [14].

Некоторые виды деятельности в нанотехнологических лабораториях являются работами в тяжёлых и вредных условиях. Гарантии и компенсации для таких работников связаны с:

- – повышенной оплатой труда;
- – сокращенной продолжительностью рабочего времени;
- – дополнительным оплачиваемым отпуском;
- – обеспечением лечебно-профилактическим питанием;
- – досрочным назначением трудовой пенсии.

Компенсации и гарантии регламентируются трудовым кодексом Российской Федерации [14], локальными нормативными актами, коллективным договором, трудовым договором.

5.2 Производственная безопасность

Исследования проводились в лаборатории Томского политехнического университета (ауд. 210а, корпус 10). В работе использовались аналитические аналитические весы, нанораспылительные сушилки, магнитные мешалки, центрифуги, спектрофотометры, рН-метры.

Таблица 25– Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов; ГОСТ 12.4.113-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности; ГОСТ 12.1.006-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электромагнитные поля радиочастот; СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных
2.Электромагнитное излучение	+	+		
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
4. Повышенный уровень шума	+	+		

				зданий; СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий; СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение; ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности; СП 51.13330.2011 Защита от шума; ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности; ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты; ПНД Ф 12.13.1-03. Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения).
5. Воздействие вредных веществ	+	+	+	
6. Электробезопасность	+	+		
7. Термические и химические ожоги		+		

Отклонение показателей микроклимата. Согласно классификации, СанПиН 2.2.4.548-96 [15] профессиональной деятельности по категориям тяжести на основании общих энергозатрат, инженерная и исследовательская деятельность относится к категории легких работ (I б). Оптимальными параметрами микроклимата для этого случая являются следующие:

- Для холодного периода года: температура 21-23 °С, влажность 40-60%, скорость движения воздуха в помещении 0,1 м/с;
- Для теплого периода года: температура 22-24 °С, влажность 40-60%, скорость движения воздуха в помещении 0,1 м/с.

Для работы в зимнее время года обеспечивается отопление помещения. В летний период рабочая температура поддерживается постоянным кондиционированием.

Помимо этого, необходимо, чтобы размеры помещения соответствовали нормам вместимости оборудования и рабочих. Согласно по ГОСТ 12.4.113-82 геометрические размеры в лаборатории должны быть: площадь зоны - 4,5 м², ширина зоны - 3,0 м; высота нижней границы зоны от пола - 1,0 м. Помещения, в котором производились работы, имеет параметры: 1. Лаборатория НМНТ ИШНПТ ТПУ: длина - 4 м, ширина - 3 м, высота

- 3 м, общая площадь - 12 м², общий объем - 36 м³. В данной лаборатории посменно проводились работы студентами по 2 человека в соответствии с НТД.

Электромагнитное излучение. Последующий анализ и обработка данных, полученных за время эксперимента, предполагает использование ПЭВМ. Это значит, что оператор сталкивается с влиянием электромагнитных полей. Избыточное воздействие электромагнитного поля может стать причиной неврологических нарушений, бессонницы, привести к сбоям в работе желудочно-кишечного тракта и прочим негативным последствиям. Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

- уменьшение излучения от источника;
- экранирование источника излучения и рабочего места;
- установление санитарно-защитной зоны;
- поглощение или уменьшение образования зарядов статического электричества;
- устранение зарядов статического электричества;
- применение средств индивидуальной защиты [16].

Один из наиболее эффективных способов защиты от негативного воздействия электромагнитного излучения является применение специальных приборов, которые позволяют нейтрализовать данное излучение и максимально минимизировать его негативное воздействие на организм человека. Принцип действия данных приборов основан на наведении противо-ЭДС, которая способствует снижению негативного воздействия на организм человека нежелательных электромагнитных излучений [17].

Недостаточная освещенность рабочей зоны. Недостаточное освещение может снижать зрительную работоспособность, а, следовательно, и концентрацию, помимо этого возможны такие последствия как развитие офтальмоонкологических заболеваний, перегруз центральной нервной системы, и негативное влияние на психоэмоциональное состояние рабочего. Помимо естественного освещения, которое обеспечивается окнами, лаборатория оснащена системой искусственного освещения.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 [18] и СП 52.13330.2016 [19] норма освещенности для научно-технических лабораторий для естественного бокового освещения КЕО=1,2 %, для совмещенного освещения КЕО=2,1 %. Для искусственного освещения при общем освещении норма 300-500 лк, при коэффициенте пульсации не более 10 %.

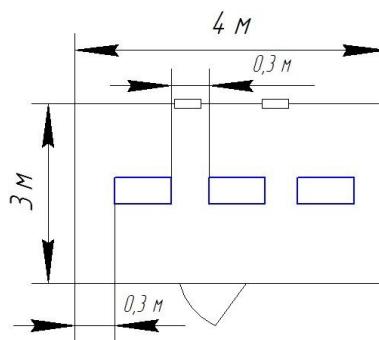


Рисунок 24 – План размещения светильников

Коэффициенты отражения светового потока от потолка, стен, соответственно равны:

$q_{\text{п}} = 70 \%$, $q_{\text{с}} = 50 \%$, $q_{\text{з}} = 10 \%$. Уровень от рабочей поверхности до потолка составляет:

$$H = h - h_{\text{р}} - h_{\text{с}},$$

$$H = 3 - 0,80 - 0 = 2,20 \text{ м},$$

где h – высота потолков, м;

$h_{\text{р}}$ – высота рабочей поверхности, м;

$h_{\text{с}}$ – расстояние светильников от перекрытия, м.

Для освещения используются светильники типа ОД мощностью 40 Вт, для которых оптимальность расположения светильников составляет $\lambda = 1,4$. Расчетная длина между двумя рядами светильников:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,2 = 3,08 \text{ м}.$$

Число рядов светильников:

$$n = B/L = 3/3,08 = 0,97,$$

где B – ширина помещения, м.

Выбираем $n = 1$ ряд светильников. Тогда индекс освещения:

$$i = \frac{S}{H \cdot (A + B)} = \frac{12}{1 \cdot (4 + 3)} = 1,7.$$

Коэффициент использования светового потока $\eta = 43 \%$.

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

$$\text{Необходимое число светильников в ряду: } \frac{6210 \text{ лм}}{4265,6 \text{ лм}} \approx 3.$$

Далее рассчитывается фактическое освещение в помещении.

Число светильников в ряду 3 (число ламп 2):

$$\Phi = 2850 \cdot 3 \cdot 2 = 17100 \text{ лм}.$$

Фактическое освещение в помещении $\Phi = 17100$ лм для одного ряда светильников, т. е. для трех светильников с двумя лампами. Рассчитывается фактическое значение освещения в помещении по формуле:

$$E_{\text{факт}} = \frac{N \cdot \eta \cdot \Phi}{S \cdot K_3 \cdot Z \cdot 100\%} = \frac{4960 \cdot 3 \cdot 43\%}{12 \cdot 1,5 \cdot 1,15 \cdot 100\%} = 309 \text{ лк.}$$

Согласно расчётам, фактическое значение освещения укладывается в диапазон освещённости искусственным светом 300-500 лк: $E_{\text{факт}} = 309$ лк.

Повышенный уровень шума, ультразвук. Источниками шума в данном исследовании следует принять: магнитная мешалка и ультразвуковая ванна. Эти приборы провоцируют возникновение звуковых колебаний в рабочей зоне.

Непрерывная работа в условиях повышенного уровня шума может стать причиной снижения работоспособности персонала, вызывать подавленное психическое состояние, стать причиной развития тугоухости, частичной глухоты.

Требования ГОСТ 12.1.003-2014 [20] и СП 51.13330.2011 [21], для уровней звукового давления и максимальный уровень шума для работы в лаборатории представлены в таблице 26.

Таблица 26– Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот

Рабочее помещение	Уровень звукового давления в октавной полосе со среднегеометрическими частотами, дБ.									Мах уровень звука, дБ
	Среднегеометрическая частота, Гц									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Лаборатория	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Для обеспечения безопасной работы в условиях лаборатории следует контролировать одновременное включение нескольких приборов, а также использовать звукоизолирующие кожухи, личные средства защиты – звукоподавляющие наушники.

Воздействие вредных веществ. Для безопасной работы с вредными химическими веществами является необходимо знание свойств, особенностей их токсичного действия и симптомов отравления. Неосторожность при работе с химическими реактивами может привести к острым и хроническим отравлениям, раздражению дыхательных путей, химическим и термическим ожогам.

Рассмотрим используемые в работе реактивы:

1. Аммиак – бесцветный газ с удушливым резким запахом нашатыря, при выходе в атмосферу дымит, при температуре $-33,40^\circ\text{C}$ сжижается, при температуре $-77,80^\circ\text{C}$

°С затвердевает. Легче воздуха. С воздухом образует взрывоопасные смеси в пределах 15-28 объёмных процентов аммиака. Водный аммиак действует таким же образом, как газообразный аммиак, выделяющийся из его растворов: вызывает раздражение слизистых оболочек и кожных покровов. Аммиак относится к 4-му классу опасности (ГОСТ 12.1.007) [22]. Нейтрализацию жидкого аммиака водой желательно не проводить, потому что в воздухе могут образовываться высокие концентрации аммиака, что небезопасно, так как 15-28 объёмных процентов аммиака с воздухом образует взрывоопасные смеси. Предельно допустимая концентрация (ПДК) аммиака составляет: в воздухе населенных пунктов – среднесуточная $0,4 \text{ мг/м}^3$; максимальная разовая $0,2 \text{ мг/м}^3$; в воздухе рабочей зоны производственных помещений 20 мг/м^3 ; порог восприятия запаха $0,5 \text{ мг/м}^3$. При концентрациях $40-80 \text{ мг/м}^3$ наблюдается резкое раздражение глаз, верхних дыхательных путей, головная боль, при 1200 мг/м^3 – кашель, возможен отек легких. Смертельными считаются концентрации $1500-2700 \text{ мг/м}^3$, действующими в течение 0,5-1 часа. При работе с препаратом следует применять индивидуальные средства защиты (промышленные противогазы марки К, КД, М, защитные очки, резиновые перчатки, спецодежда), а также соблюдать правила личной гигиены.

2. *Двуокись цинка* – нано- и мелкодисперсный порошок, пожаро- взрыво- и радиационнобезопасен, вызывает раздражение слизистой оболочки дыхательных путей. Предельно допустимая концентрация (ПДК) двуокиси цинка в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005-88 [23] составляет 6 мг/м^3 . По степени воздействия на организм человека двуокись цинка относится по ГОСТ 12.1.007-76 [24] к 3-му классу опасности. Производственные и лабораторные помещения, в которых проводятся работы с двуокисью цинка, должны быть оснащены приточно-вытяжной вентиляцией по ГОСТ 12.4.021-75 [25], обеспечивающей состояние воздушной среды в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005-88. При работе с двуокисью циркония обслуживающий персонал должен пользоваться средствами индивидуальной защиты: специальной одеждой по ГОСТ 12.4.103-83 [26] и респираторами типа «Лепесток» по ГОСТ 12.4.034-85 [27].

Показатели токсичности (класс опасности и среднесуточная предельно допустимая концентрация) оксидов железа, используемых в работе, приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Показатели токсичности материалов согласно ГОСТ 12.1.005-88

Соединение	Показатель	
	Класс опасности	Величина ПДК с. сут. (мг/м^3)
Аммиак (NH_3)	IV	20
Спирт этиловый ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	IV	1000
Тиомочевина ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$)	II	0,3
Полиэтиленгликоль ($\text{C}_{2n}\text{H}_{4n+2}\text{O}_{n+1}$)	III	7
Диоксид цинка (ZnO)	III	6

Напорошковые материалы могут вызывать раздражение слизистой оболочки и кожного покрова, засорение дыхательных путей организма. Для обеспечения безопасности труда при контакте с наноматериалами обязательно должны применяться средств индивидуальной защиты (маски, респираторы), технические средства (приточная и вытяжная вентиляции), а также необходимо проводить инструктаж обслуживающего персонала. Индивидуальной защитой служат противогаз марки БКФ, респираторы типа «Астра-2», «Лепесток-200», защитные очки, спецодежда из хлориновой ткани.

Термические и химические ожоги. Согласно классификации, ПНД Ф 12.13.1-03 ожоги делятся на термические и химические. Причиной термических ожогов могут быть прикосновение незащищенными руками к раскаленным или сильно нагретым предметам лабораторного оборудования, воспламенение легковоспламеняющихся или горючих жидкостей.

Химические ожоги возникают от действия на кожу различных химических веществ, главным образом кислот и щелочей. Виды ожогов и средства первой помощи представлены в таблице 28:

Таблица 28– Первая помощь при ожогах

Ожоги	Первая помощь
ТЕРМИЧЕСКИЕ	
1. Первой степени (краснота)	Обожженное место присыпать двууглекислым натрием, крахмалом или тальком. Наложить вату, смоченную этиловым спиртом. Повторять смачивание.
2. Второй степени (пузыри)	Обработать 3-5 %-ным раствором марганцовокислого калия, соды или 5 %-ным раствором танина. Смачивание этиловым спиртом.
3. Третьей степени (разрушение тканей)	Покрыть рану стерильной повязкой, срочно вызвать врача.
ХИМИЧЕСКИЕ	
1. Кислотами, хлороформом	Промыть ожог большим количеством воды, затем 5 %-ным раствором бикарбоната натрия или 2 %-ным раствором соды.
2. Щелочами	Промыть обильно водой, затем 2 %-ным раствором уксусной кислоты.
3. Бромом	Быстро смыть несколькими порциями этиленового спирта, смазать пораженное место мазью от ожогов.
4. Ожоги глаз	Промыть глаза большим количеством проточной воды. При ожоге кислотами промывание производить 3 %-ным раствором бикарбоната натрия, при ожоге щелочами – 2 %-ным раствором борной кислоты.

Для защиты рук от действия кислот, щелочей, солей, растворителей применяют резиновые перчатки. На перчатках не должно быть порезов, проколов и других

повреждений. Надевая перчатки, следует посыпать их изнутри тальком. Для защиты глаз применяют очки различных типов, щитки, макси.

Электротравмы.

Причинами электротравм в большинстве случаев (80-90 %) служит прямой контакт с токоведущими элементами электрических установок, работа с ними без предварительного снятия напряжения. Главными причинами электротравм являются халатность и невнимательность – неправильная подача напряжения и отключение источника тока, неудовлетворительное состояние изоляции. Другими словами, причины электротравм можно систематизировать следующим образом: технические причины (неисправность оборудования, неправильная его эксплуатация), организационные (невыполнение правил техники безопасности), а также психофизиологические (усталость, сниженное внимание).

Все помещения лаборатории должны соответствовать требованиям электробезопасности при работе с электроприборами по ГОСТ 12.019-79 [28].

Все электроустановки с напряжением свыше 36 В, а также оборудование и механизмы, которые могут оказаться под напряжением, должны быть надежно заземлены.

Для отключения электросетей на вводах должны быть рубильники или другие доступные устройства. Отключение всей сети, за исключением дежурного освещения производится общим рубильником.

В целях предотвращения электротравматизма запрещается:

- работать на неисправных электрических приборах и установках;
- перегружать электросеть;
- переносить и оставлять без надзора включенные электроприборы;
- работать вблизи открытых частей электроустановок, прикасаться к ним;
- загромождать подходы к электрическим устройствам.

При поражении электрическим током необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока, отключив электроприбор, которого касается пострадавший. Отключение производится с помощью выключателя или рубильника.

При невозможности быстрого отключения электроприбора, необходимо освободить пострадавшего от токоведущих частей деревянными или другим не проводящим ток предметом источник поражения.

Во всех случаях поражения электрическим током необходимо вызвать врача.

5.3 Экологическая безопасность

Наночастицы, благодаря малому размеру, могут проникнуть практически в любые среды и даже в организмы. Поступая из разных источников в окружающую среду, наночастицы, способны проникать в самые разные области нашего мира. Схема миграции наночастиц представляет собой взаимное перемещение наночастиц между средами обитания (воздух, гидросфера и литосфера), а также миграцию в различные биологические объекты (человек и наземные обитатели, растительный и животный мир водной системы, почва и отложения и т.д.).

Наночастицы могут представлять опасность для любого элемента экосистемы, однако степень этой опасности пока не известна. На сегодняшний день сформированы пять основных шагов для определения рисков, связанных с повсеместным применением наноматериалов [29]:

1. Составить программу систематических исследований, ориентированных на определение возможного риска, связанного с наночастицами;
2. Разработать методы обнаружения наночастиц в воздухе и воде;
3. Создать методы определения возможной токсичности наноматериалов;
4. Сформировать модели, способные предсказать возможное воздействие наноматериалов на окружающую среду и здоровье человека;
5. Изыскать способ оценки воздействия наночастиц на окружающую среду и здоровье.

Защита атмосферы. Наночастицы, попадая в воздух, образуют аэрозоли, устойчивые к седиментации. Эти аэрозоли проникают в биологические объекты через дыхательные пути, пищеварительный тракт, кожу и слизистые. Чтобы предотвратить попадание веществ в атмосферу, следует использовать в помещении лаборатории систему вентиляции, оснащенную встроенной системой фильтрации. Предельно допустимая концентрация наноматериалов в воздухе регламентируется [30]. В производственных помещениях также необходимо контролировать чистоту помещения. Для этого используют следующие технические подходы: контроль, фильтрование среды, очистка сред (вода, воздух), индивидуальная защита персонала. В помещениях, где непосредственно проводится работа с наноразмерными частицами используется вытяжная система с вакуумом для предотвращения попадания дисперсных частиц за пределы помещения.

Защита гидросферы. Наночастицы с производства, при неправильной утилизации суспензий металлических нанопорошков могут попадать в воду, используемую для питьевых нужд. Данным путем частицы попадают в пищеварительный тракт человека. В

настоящее время исследования, доказывающие данный механизм попадания частиц не проведены, а такая возможность рассматривается только на вероятностном уровне. При этом, на сегодняшний день тема поведения наночастиц в водных средах не изучена глубоко, а в России наноматериалы не признаны потенциально опасными. По ГОСТ 17.1.3.06–82 [31] и ГОСТ 17.1.3.13–86 [32] если ПДК по ГН 2.1.5.2280-07 [33] не превышен, очистка воды не требуется.

Защита литосферы. Наночастицы попадают в почву путем осаждения, адсорбции или адгезии из атмосферы, растворением и осаждением из гидросферы, а также из биологических объектов, например, при их разложении. Наночастицы легко проникают из почвы в бентос, в растения, и, далее по пищевой цепочке, в организмы животных и людей. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в почве регламентируется МУ 2.1.7.1185-03. 2.1.7. [34].

Утилизация люминесцентных ламп и макулатуры. К числу наиболее важных направлений управления промышленными отходами и отходами потребления относится не только экологически безопасное обращение с отходами, но и их переработка во вторичные материальные ресурсы. Утилизация люминесцентных ламп по ГОСТ Р 52105-2003 [29] каждая трубка люминесцентной лампы содержит в себе от 3 до 5 мг ртути. Люминесцентные лампы причислены к первому классу токсичных отходов, и требуют специальной утилизации: вышедших из строя ламп, помещают в индивидуальные картонные коробки от ламп типа ЛБ, ЛД и другие, после упаковки ламп в тару для хранения их следует сложить в отдельные коробки из фанеры или ДСП. При накоплении определенного количества ртутьсодержащих и прочих опасных видов ламп их сортируют, помещают в отдельные ячейки и отправляют в профильную компанию для последующей нейтрализации и переработки [35].

Макулатура по ГОСТ Р 55090-2012 [36] проводится с разными методами. Для макулатуры существуют специально установленные контейнеры, в которые помещаются отработавшие печатные издания, офисная бумага и другие изделия из переработанной целлюлозы. Они отвозятся в пункты по сбору макулатуры, где утилизируются. Выделяется несколько основных способов: захоронение; брикетирование; компостирование; переработка (химически, механически, термически).

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На случай возникновения чрезвычайной ситуации (ЧС) необходимо разработать и ознакомить сотрудников с рядом действий и, уменьшающих масштабы ЧС. Также необходимо проводить планирование по предупреждению чрезвычайных ситуаций.

Наиболее вероятными для научно-исследовательской лаборатории чрезвычайными ситуациями являются пожар и взрыв.

Возгорание может возникнуть по ряду причин, среди которых неисправная проводка, неисправное оборудование, неосторожное обращение с огнем. В хорошо вентилируемом помещении интенсивный приток воздуха может способствовать быстрому распространению пламени. Потому, при распространении огня, если возгорание не ликвидировано в первые несколько секунд, следует в первую очередь отключить вентилятор и закрыть вентиляционный канал. Последовательность действий при пожаре:

- подать сигнал о помощи;
- удалить из зоны горения все материалы, способные к воспламенению, в случае возможности, удалить источник воспламенения;
- обесточить электрооборудование, ставшее источником воспламенения или обесточить все помещение;
- применить первичные средства пожаротушения.

Последовательность действий зависит от конкретной ситуации.

При этом, стоит учитывать, что, если в вытяжном шкафу проводились работы с токсичными веществами, то отключение вентиляции может стать причиной выделения из в воздух рабочей зоны. А при повышении температуры возможность отравления участников ликвидации аварии возрастает. В таком случае всем, находящимся в помещении, необходимо использовать СИЗОД, до снижения концентрации токсиканта в воздухе.

Регулярно следует проводить мероприятия по мониторингу и повышению устойчивости организации при ЧС:

- инженерно-технические – повышение устойчивости сооружений, контроль за технологическими процессами, противопожарные мероприятия (система сигнализации, средства пожаротушения и пр.), утилизация и контроль сроков хранения и объемов пожаро- и взрывоопасных веществ, дублирование и контроль источников электроснабжения, защита водоисточников, защита уникального и ценного оборудования.
- организационные – включают в себя разработку плана действий при ЧС, прогнозирование последствий, создание и контроль систем оповещения, подготовка персонала, проведение учений. Помимо этого, к инженерно-техническим мерам относятся разработка планов и технологических карт по снижению опасности при возникновении аварийных ситуаций, восстановление нарушенного производства и локализация последствий. Инструктаж сотрудников по пожарной безопасности и технике безопасности.

- специальные мероприятия – обеспечение и хранение СИЗОД, создание запаса средств для нейтрализации опасных и вредных веществ, дегазация [37].

Лаборатория оснащена 2-мя углекислотными огнетушителями марки ОУ-2, которые предназначены для тушения возгораний химических веществ за исключением тушения щелочноземельных элементов, электрических приборов, работающих под напряжением ниже 1000 В.

План эвакуации этажа, на котором находится лаборатория НОИЦ «Наноматериалы и нанотехнологии» представлен на рисунке 23.



Рисунок 25-План эвакуации этажа

Выводы

1. Разработаны ингибиторы на основе экстракта (масла) пихты и наночастиц оксида цинка, полученных методом распылительной сушки. Проведено сравнение с синтетическим ингибитором (тиомочевина).

2. На основании данных гравиметрии показано, что масло пихты более эффективный ингибитор по сравнению с экстрактом пихты и тиомочевинной в смеси концентрированных азотной и соляной кислот.

3. Показано, что шероховатость оказывает влияние на эффективность ингибитора в случае использования масла пихты и тиомочевины, а в случае экстракта пихты влияние не существенно: для Ст3 увеличение шероховатости увеличивает коррозионную устойчивость, а для У8А уменьшает.

4. Применение ингибитора на основе масла пихты с НЧ оксида цинка позволяет снизить ток коррозии в кислой среде 1,2 – 6 раз в зависимости от шероховатости и способа нанесения.

5. Выводы по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение : Результатом анализа конкурирующих вариантов технологий является то, что предлагаемая нами разработка является наиболее актуальной и перспективной, а также конкурентоспособной.

6. Выводы по разделу «социальная ответственность»: В процессе лабораторных исследований анализируются основные вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при разработке и эксплуатации объекта, такие как: показатели микроклимата, уровень шума, освещенность в рабочей зоне и др. Назначаются необходимые мероприятия по минимизации воздействия факторов и чрезвычайных ситуаций на людей, а при их возникновении - по предупреждению или ликвидации

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

- 1 Hany Abd El-Lateef M., Gouda M. Novel nanocomposites of nickel and copper oxide nanoparticles embedded in a melamine framework containing cellulose nanocrystals: Material features and corrosion protection applications // *Journal of Molecular Liquids*. – 2021. – V. 342.
- 2 Umoren S. A., Solomon M. M., Obot I. B., Suleiman R. K. A critical review on the recent studies on plant biomaterials as corrosion inhibitors for industrial metals. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2019. Vol. 76. P. 91–115. DOI: 10.1016/j.jiec.2019.03.057
- 3 Jain P., Patidar B., Bhawsar J. Potential of Nanoprticles as a Corrosion Inhibitor: A Review. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*. 2020. Vol. 6. No. 2. DOI:10.1007/s40735-020-00335-0
- 4 Aboorvakani R., Kennady Vethanathan C.J., Madhu K. U. Influence of Zn concentration on zinc oxide nanoparticles and their anti-corrosion property. *Journal of Alloys and Compounds*. 2020. Vol. 834. DOI:10.1016/j.jallcom.2020.155078.
- 5 Shevchenko I. N., Egamkulov M. E., Jia, L. Evaluation of the effectiveness of metal nanoparticles as corrosion inhibitors for nanostructured and coarse-grained steel. Prospects for the development of fundamental sciences: a collection of scientific papers of the XVII International Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists. 2020. Vol. 2. P. 203-205. (Russian)
- 6 Lyamina G.V., AND lila A.E., Kachaev A.A., Amantai D., Kolosov P.V., Cheprasova M.Yu. Obtaining aluminum oxide and zirconium nanopowders from solutions of their salts by spray drying. *Butler's messages*. 2013. Vol. 33. No. 2. P. 119-124. (Russian)
- 7 И.А. Шипигузов, О.В. Колесова, В.В. Вахрушев, А.Л. Казанцев, В.З. Пойлов.С.В. Лановецкий.Л.А. Черезова. Современные ингибиторы коррозии. //Химическая технология и биотехнология – 2016- № 1– С. 114 –129.
- 8 Ли Гуаньюй, Чжан Мангманг. Исследование ингибиторов коррозии алюминиевого сплава 7075 с помощью ингибитора коррозии // Гальваника и отделка -V01.37No. 11Серийный номер 272-34-37
- 9 Н. Г. РОССИНА Н. А. ПОПОВ М. А. ЖИЛЯКОВА А. В. КОРЕЛИН.Методы исследований коррозионных процессов// Уральский федеральный университет-620.19-047.42(075.8)-51-53
- 10 Qingyang Liu, Zijian Song, Han Han, Saddick Donkor, Linhua Jian , Wanyi Wang , Hongqiang Chu .A novel green reinforcement corrosion inhibitor extracted from waste *Platanus acerifolia* leaves// *Construction and Building Materials* -2020-Vol260-C.3

11 Т. Я. Кашинская, Б. В. Курзо, Н. В. Шевченко. Получение гуминовых препаратов на основе торфяного и сапропелевого сырья//Институт природопользования НАН Беларуси.-2012-№7-С.256-262

12 A.R. Shahmoradi, M. Ranjbarghanei, A.A. Javidparvar , L. Guo, E. Berdimurodov, Bahram Ramezanzade. Theoretical and surface/electrochemical investigations of walnut fruit green husk extract as effective inhibitor for mild-steel corrosion in 1M HCl electrolyte// Journal of Molecular Liquids -2021-Vol.338-C.223-237

13 «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.09.03.2021)

14 Jain P., Patidar B., Bhawsar J. Potential of Nanoprticles as a Corrosion Inhibitor: A Review // Journal of Bio- and Tribo-Corrosion (2020) 6:43, [<https://doi.org/10.1007/s40735-020-00335-0>].

15 R. Aboorvakani Research Scholar, S. John Kennady Vethanathan, Madhu K. U. Influence of Zn concentration on zinc oxide nanoparticles and their anti-corrosion property // Journal of Alloys and Compounds. – 2020. – V. 834, [<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.155078>].

16 Sorensen, P.A., Kiil, S., Dam-Johansen, K., Weinell, C.E. Anticorrosive coatings: A review // Journal of Coatings Technology and Research. – 2009. – Vol. 6. – P. 135-176.

17 Shchukin, D.G., Möhwald, H. Surface-engineered nanocontainers for entrapment of corrosion inhibitors // Advanced Functional Materials. – 2007. – Vol. 17. – P. 1451-1458

18 Shchukin, D.G., Zheludkevich, M., Yasakau, K., Lamaka, S., Ferreira, M.G.S., Möhwald, H. Layer-by-layer assembled nanocontainers for self-healing corrosion protection // Advanced Materials. – 2006. – Vol. 18. – P. 1672-1678

19 Казлова Л.С., Сибилева С.В., Чесноков Д.В., Кутырев А.Е. Ингибиторы коррозии (обзор) // Авиационные материалы и технологии №2 2015 – 67-75.

20 Dariva C.G., Galio A.F. Corrosion Inhibitors – Principles, Mechanisms and Applications // In Developments in Corrosion Protection; Aliofkhazraei M., Ed.; INTECH: Winchester, UK. – 2014. – pp. 364-379. [<http://dx.doi.org/10.5772/57255>].

21 Patent US 2014119984, IPC C23F11/00, C23F11/04. Withanolide corrosion inhibitor for carbon steel / Applicants: Halliburton energy services inc.; inventors: Belakshe Ravikant, Salgaonkar Lalit Pandurang, Danait Achala. – Appl. No.2013/060058; Publication date: 08.05.2014.

-
- 22 Umoren S. A., Solomon M. M., Obot I. B., Suleiman R. K. A critical review on the recent studies on plant biomaterials as corrosion inhibitors for industrial metals // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. – 2019. – Vol. 76. – P. 91–115
- 23 Xiang G., Ru Y., Lei X., Houyi M. Effect of amorphous phytic acid nanoparticles on the corrosion mitigation performance and stability of sol-gel coatings on cold-rolled steel substrates // *Journal of Alloys and Compounds*. – 2018. – Vol. 747. – P. 747-754
- 24 Hosseini M., Fotouhi L., Ehsani A., Naseri M. Enhancement of corrosion resistance of polypyrrole using metal oxide nanoparticles: Potentiodynamic and electrochemical impedance spectroscopy study // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2017. – Vol. 505. – P. 213-219
- 25 Mohammad A. A., Noor N. S., Arizu S., Mohammad I., Ghasan F. H., Zaiton A. M., Pandian B. R. Improved corrosion resistance of mild steel against acid activation: Impact of novel *Elaeis guineensis* and silver nanoparticles // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* – 2018. – Vol. 63. – P. 139–148.
- 26 Ituen E., Ekemini E., Yuanhua L., Lia R., Singh A. Mitigation of microbial biodeterioration and acid corrosion of pipework steel using *Citrus reticulata* peels extract mediated copper nanoparticles composite // *International Biodeterioration & Biodegradation*. – 2020. – Vol. 149.
- 27 Figueira R.B., Silva C.J.R., Pereira E.V. Organic–inorganic hybrid sol–gel coatings for metal corrosion protection: a review of recent progress, *J. Coat. Technol. Res.* – 2015. – Vol. 12 – P. 1–35.
- 28 Lakshmi R.V., Aruna S.T., Sampath S. Ceria nanoparticles vis-à-vis cerium nitrate as corrosion inhibitors for silica-alumina hybrid sol-gel coating *Applied Surface Science*. – 2017. – Vol. 393. – P. 397-404.
- 29 Akvare D., Collazo A., Novoa X.R., Perez C. Assessment of ZnO nanoparticles as anticorrosive pigment in hybrid sol-gel films // *Progress in Organic Coating* – 2016. – Vol. 96. – P. 3-12.
- 30 Hosseini M., Fotouhi L., Ehsani A., Naseri M. Enhancement of corrosion resistance of polypyrrole using metal oxide nanoparticles: Potentiodynamic and electrochemical impedance spectroscopy study // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2017. – Vol. 505. – P. 213-219
- 31 Bakhsheshi-Rad H.R., Hamzah E., Ismail A.F., Aziz M., Kasiri-Asgarani M., Akbari E., Jabbarzare S., Najafinezhad A., Hadisi Z. Synthesis of a novel nanostructured zinc oxide-baghdadite coating on Mg alloy for biomedical application: In-vitro degradation behavior and antibacterial activities // *Ceramics International*. – 2017. – Vol. 43. – P. 14842-14850.

32 John S., Joseph A., Jose A. J., Narayana B. Enhancement of corrosion protection of mild steel by chitosan/ZnO nanoparticle composite membranes // Progress in Organic Coating. – 2015. – Vol. 84. – P. 28-34.

33 The effect of ceria and zirconia nanoparticles on the corrosion behaviour of cathaphoretic epoxy coatings on AA6060 alloy // Progress in Organic Coatings. – 2019. – Vol. 136.

34 Khodabakhshi J., Mahdavi H., Najafi F. Investigation of viscoelastic and active corrosion protection properties of inhibitor modified silica nanoparticles/epoxy nanocomposite coatings on carbon steel // Corrosion Science. – 2019. – Vol. 147. – P. 128-140.

35 Rassouli L., Naderi R., Mahdavin M. Study of the impact of sequence of corrosion inhibitor doping in zeolite on the self-healing properties of silane sol-gel film // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2018. – Vol. 66. – P. 221-230.

36 Aboorvakani R., Kennady-Vethanathan S, J., Madhu K.U. Influence of Zn concentration on zinc oxide nanoparticles and their anti-corrosion property // Journal of Alloys and Compounds – 2020. – Vol. 834.

37 Ashrafa M. A., Liuc Z., Penga W.-X., Yoysefi N, Amino acid and TiO₂ nanoparticles mixture inserted into sol-gel coatings: An efficient corrosion protection system for AZ91 magnesium alloy // Journal of Industrial and Engineering Chemistry. – 2019. – Vol. 76. – 91–115.