

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

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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Ингибитор коррозии на основе пектина с добавлением наночастиц оксида цинка для высокоуглеродистой стали в коррозионных средах</b>

УДК : 669.141.24:620.197.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б82	Чэнь Банцзэ		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Дубинина О.В.	к.х.н		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Дубинина О.В.	к.х.н		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кащук И. В.	к.т.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД, ИШНКБ	Сечин А. И.	д.т.н		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Ваулина О.Ю.	к.т.н., доцент		
Доцент ОМ ИШНПТ	Лямина Г.В.	к.х.н		

**Результаты обучения по направлению  
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»**

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

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

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

УТВЕРЖДАЮ:  
 Доцент ОМ ИШНПТ  
Лямина Г.В.  
 (Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)

\_\_\_\_\_  
 (Дата)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
154Б82	Чэнь Банцзэ

Тема работы:

<b>Ингибитор коррозии на основе пектина с добавлением наночастиц оксида цинка для высокоуглеродистой стали в коррозионных средах</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 32-49/С от 01.02. 2022
Срок сдачи студентом выполненной работы:	8 июня 2022 года

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

Исходные данные к работе	Исследовать защитные свойства ингибитора коррозии на основе пектина с добавлением наночастиц оксида цинка для высокоуглеродистой стали У8А в коррозионных средах.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выполнить литературный обзор по направлениям: классификация ингибиторов коррозии, факторы, влияющие на их защитные свойства, современные ингибиторы коррозии, ингибиторы на основе пектина.</li> <li>2. Получить раствор ингибитора коррозии на основе яблочного пектина с добавлением наночастиц оксида цинка.</li> <li>4. Оценить защитные свойства комплексного ингибитора в процессе травления высокоуглеродистой стали У8А в коррозионных средах методом гравиметрии.</li> <li>5. Оценить морфологию поверхности стали методами оптической и сканирующей электронной микроскопии.</li> <li>6. Исследовать защитные свойства ингибитора, методом потенциометрии.</li> </ol>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук И. В., доцент, к.т.н
Социальная ответственность	Сечин А. И., профессор ОКД, ИШНКБ, д.т.н
<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	20.03.2022г.

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Дубинина О.В	к.х.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
154Б82	Чэнь Банцзэ		

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

Студенту:

<b>Группа</b> 154Б82		<b>ФИО</b> Чэнь Банцзэ	
<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение Школа</b>	<b>ОМ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.02 Материаловедение и технологии материалов
<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>			
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>		<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>	
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>		<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>		<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>	
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>			
1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>		<i>Анализ конкурентоспособности</i>	
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>		<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>	
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>		<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>	
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>		<i>Интегральный показатель ресурсоэффективности.</i>	
<b>Перечень графического материала</b>			
1. Оценка конкурентоспособности ИР 2. Матрица SWOT 3. Диаграмма Ганта 4. Бюджет НИ 5. Основные показатели эффективности НИ			
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>			13.04.2022 г.

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б82	Чэнь Банцзэ		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
154Б82		Чэнь Банцзэ	
<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение Школа</b>	<b>ОМ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.02 Материаловедение и технологии материалов

Тема ВКР:

**Ингибитор коррозии на основе пектина с добавлением наночастиц оксида цинка для высокоуглеродистой стали в коррозионных средах**

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект: Ингибитор коррозии на основе яблочного пектина с добавлением наночастиц оксида цинка
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ</p>
--	--

<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>1. Отклонение показателей микроклимата. 2. Превышение уровня шума. 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека. 5. Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания</p>
--	---

<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>Анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы). Анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы). Анализ воздействия объекта на литосферу (отходы).</p>
--	--

<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Авария, взрыв, пожар
--	----------------------

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор ООД ШБИП	Сечин А. И.	д.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
154Б82	Чэнь Банцзэ		

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

Школа Инженерная школа новых производственных технологий  
Направление подготовки Материаловедение и технологии материалов  
Отделение школы Отделение материаловедения  
Уровень образования: бакалавриат  
Период выполнения: весенний семестр 2021/2022 учебного года  
Форма представления работы:

**Бакалаврская работа**

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:		05.06.2022 г.
Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.03.2022	1. Литературный обзор по теме бакалаврской работы	20
15.04.2022	2. Выполнение эксперимента по теме работы	20
15.05.2022	3. Обсуждение результатов и оформление работы	35
10.05.2022	Финансовый менеджмент	15
10.05.2022	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОМ	Дубинина О.В.	к.х.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов	Лямина Г.В.	к.х.н.		

## Реферат

**Выпускная квалификационная работа:** 82 с., 24 рис., 14 табл., 33 источников.

**Ключевые слова:** коррозионная среда, высокоуглеродистая сталь, коррозия металлов, потенциометрия, граница раздела.

**Объектом исследования является:** высокоуглеродистая сталь У8А

**Цель работы** – исследовать защитные свойства ингибитора коррозии на основе пектина с наночастицами оксида цинка для высокоуглеродистой стали У8А в коррозионных средах.

**В процессе исследования проводились:** изучение литературы, посвященное рассмотрению классификации ингибиторов коррозии, факторам, определяющим защитные свойства ингибиторов коррозии и современным ингибиторам коррозии на основе наночастиц металлов и пектина; оценка защитных свойств пектина с наночастицами оксида цинка для стали У8А в коррозионных средах методами гравиметрии, потенциометрии и испытаниями во влажной камере.

**Методы исследования:** гравиметрия, оптическая микроскопия, растровая электронная микроскопия, потенциометрия, исследование коррозионных свойств во влажной камере.

**В результате исследований** оценены защитные свойства ингибитора коррозии на основе пектина с наночастицами оксида цинка для высокоуглеродистой стали У8А методами гравиметрии, потенциометрии и во влажной камере. Показано, что в смеси  $\text{HNO}_3\text{--HCl}$  в присутствии наночастиц оксида цинка и наночастиц оксида цинка с пектином сталь У8А медленнее теряет массу по сравнению с необработанной поверхностью **в 5,4 и 7,9 раз**, соответственно. Продемонстрировано, что водные суспензии НЧ ZnO и НЧ ZnO с пектином, позволяют увеличить электродный потенциал стали У8А **в 1,36 и 1,43 раза** в кислой среде, **в 1,14 и 1,19 раза** в щелочной среде, соответственно.

**Степень реализации:** НИР

**Сфера применения:** данное исследование представляет интерес для

предприятий, активно эксплуатирующих изделия из высокоуглеродистой стали у8а.

**Экономические преимущества:** исследование защитных свойств пектина с наночастицами металлов является экономически выгодным, так как он изготавливается из дешевого, доступного сырья, производимого на территории Российской Федерации.



## Список условных сокращений

ВВП – валовый внутренний продукт

ПЭГ – полиэтиленгликоль

ПВС – поливиниловый спирт

NPs – наночастицы GA-Ag

ПВП – поливинилпирролидон

ПАН – полиакрилонитрил

SEM – сканирующий электронный микроскоп

ИЖ – ионные жидкости

MCIS – современные системы ингибирования коррозии

МД – молекулярная динамика

DFT – дискретное преобразование Фурье

FTIR – инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье

NMR – ядерный магнитный резонанс

EIS – спектр электрохимического импеданса

EFM – электрохимическая частотная модуляция

НЧ – наночастица

## Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	13
<b>1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР</b> .....	15
1.1 Классификация ингибиторов коррозии.....	15
1.2 Факторы, определяющие защитные свойства ингибиторов коррозии.....	17
1.3 Защита металлов от коррозии с использованием наночастиц в составе ингибиторов.....	18
1.4 Современные ингибиторы коррозии.....	22
1.5 Ингибиторы коррозии на основе пектина.....	24
1.5.1 Получение пектина из томатной кожуры и его применение, как ингибитора коррозии для олова .....	24
1.5.2 Пектин, как зеленый ингибитор коррозии для алюминия в кислой среде.....	26
1.5.3 Пектин, как “зеленый” ингибитор коррозии для стали Х60 в кислой среде.....	29
1.5.4 Наночастицы $\text{CeO}_2$ в пектине как ингибитор коррозии для стали Х60 в кислой среде .....	31
1.5.5 Свекловичный пектин как ингибитор коррозии для низкоуглеродистой стали в кислой среде.....	33
1.6 Методология эксперимента.....	35
<b>2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ</b> .....	37
2.1 Приборы и материалы.....	37
2.2 Объекты исследования.....	37
2.3 Методики подготовки образцов и ингибиторов.....	37
2.4 Методы исследования.....	38
<b>3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ</b> .....	40
3.1 Гравиметрические испытания.....	40

3.1.1 Ингибитор коррозии на основе водной суспензии оксида цинка.....	40
3.1.2 Ингибитор коррозии на основе пектина с наночастицами оксида цинка.....	42
3.2 Потенциометрические испытания.....	43
3.2.1 Ингибитор коррозии на основе водной суспензии оксида цинка.....	43
3.2.2 Ингибитор коррозии на основе пектина с наночастицами оксида цинка.....	44
3.3 Корреляция потенциометрических испытаний.....	46
3.4 Коррозионные испытания в атмосфере солевого тумана.....	47
<b>4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....</b>	<b>49</b>
Введение.....	49
4.1 С точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения, оценить бизнес-потенциал и перспективы научных исследований.....	49
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	49
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	51
4.1.3 Технология QuaD.....	53
4.1.4 SWOT-анализ.....	54
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	57
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	57
4.3 Бюджет научно-технического исследования.....	59
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования.....	59
4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	60
4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	62
4.3.4 Накладные расходы.....	62

4.3.5	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	63
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	63
4.5	Выводы по разделу.....	64
	<b>5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....</b>	<b>64</b>
5.1	Введение.....	64
5.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	67
5.3	Производственная безопасность.....	68
5.4	Анализ вредных производственных факторов.....	70
5.5	Анализ опасных производственных факторов.....	73
5.6	Экологическая безопасность.....	73
5.7	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	75
5.8.	Выводы по разделу.....	76
	<b>ВЫВОДЫ.....</b>	<b>78</b>
	<b>СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>79</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Консервация и защита металлов от коррозии – это глобальная проблема. Материальный ущерб, потеря эстетического вида, экологическое загрязнение – некоторые из основных проблем, которые вызывает коррозия. Каждая страна, в среднем, тратит около 3,5% ВВП на преодоление проблем, вызываемых коррозией.

Высокоуглеродистая сталь находит широкое применение в различных сферах развития, таких как авиастроение, автомобилестроение, авиакосмическая промышленность, благодаря высокой механической и термической прочности, высокой пластичности и относительно низкой стоимости.

Применение ингибиторов коррозии – широко практикуемый метод контроля процесса коррозии. Ингибиторы – это органические соединения, содержащие гетероатомы, такие как азот, сера и кислород. Эти атомы легко образуют координационную связь с металлом и образуют физический барьер, предотвращающий дальнейшее растворение металла.

Однако, большинство синтетических органических соединений токсичны, а в некоторых из них используются дорогостоящие химические вещества. Эти токсичные соединения могут оказывать неблагоприятное воздействие, как на здоровье человека, так и на окружающую среду. Поэтому существуют строгие экологические нормы, ограничивающие использование токсичных химических соединений для борьбы с коррозией. В последние несколько лет исследования в большей степени сосредоточены на использовании экологически чистых материалов. Экологически приемлемые ингибиторы коррозии. Растительные продукты, поверхностно-активные вещества и биополимеры являются важными классами «зеленых» ингибиторов коррозии. Несмотря на то, что в качестве ингибиторов коррозии применяется множество естественных растительных продуктов, их промышленное использование весьма ограничено. Основные трудности связаны с выделением

соединения, обеспечивающего ингибирование процесса коррозии, и предложением подходящего механизма ингибирования процесса коррозии.

В настоящее время появляется все больше и больше научных трудов по использованию биополимеров в качестве “зеленых” ингибиторов коррозии. Они легкодоступны, нетоксичны, биоразлагаемы и способны контролировать процесс коррозии металлов.

**Цель работы** – исследовать защитные свойства ингибитора коррозии на основе пектина с наночастицами оксида цинка для высокоуглеродистой стали У8А в коррозионных средах.

# 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В связи с выбранной темой исследования в литературном обзоре были описаны следующие направления: Классификация ингибиторов коррозии, Факторы, определяющие защитные свойства ингибиторов коррозии и области применения.

## 1.1 Классификация ингибиторов коррозии

Классификация ингибиторов коррозии по механизму действия: - пассивирующие ингибиторы; – адсорбционные ингибиторы. По механизму тормозящего действия на электрохимическую коррозию ингибиторы делят на классы: анодные, катодные, экранирующие (пленкообразователи), смешанные [1].

Ингибиторы, адсорбируясь на поверхности корродирующего металла, либо тормозят протекание анодного или катодного процесса, либо образуют экранирующую пленку, изолируя металл от электролита, либо имеют смешанный характер замедляющего действия. Анодные ингибиторы электрохимической коррозии чаще всего являются окислителями (пассиваторами). Это кислород, нитриты, хроматы и др., например, нитрит натрия. Они замедляют коррозию, пассивируя металл, то есть, затрудняя протекание анодного процесса. Влияние ингибиторов на анодную реакцию может быть связано с подавлением каталитического действия  $H_2O$  и ионов  $OH^-$ . Для этого класса ингибиторов С. А. Балезиным [2] установлена возможность образования на поверхности металла защитных пленок.

При недостаточной концентрации анодных ингибиторов для наступления полной пассивации металлов (особенно в присутствии активных депассивирующих ионов, например, хлорид-ионов) анодные ингибиторы являются опасными, так как могут ускорить общую или местную коррозию, действуя как катодные деполяризаторы.

Катодные ингибиторы электрохимической коррозии – это вещества, повышающие перенапряжение катодного процесса при их адсорбции на катодных участках поверхности корродирующего металла, например, сульфит натрия или гидразин. Катодные ингибиторы являются безопасными, так как при недостаточной концентрации они не вызывают усиления коррозии. К катодным ингибиторам относят оксиды и соли висмута, мышьяка, желатин и др. Катодные ингибиторы в щелочных и нейтральных средах образуют нерастворимые в воде фазовые пленки. Подобный эффект наблюдается также у ингибиторов смешанного действия. Ингибиторы катодного действия замедляют электрохимическую коррозию стали в кислых средах вследствие тормозящего действия ряда процессов [3].

Для большой серии органических веществ, выполняющих функцию таких ингибиторов, Л. И. Антропов выделяет четыре этапа торможения коррозии:

- 1) химическое, связанное с изменением скорости реакции металла с кислотой;
- 2) механическое, обусловленное экранирующим действием ингибитора на поверхность металла;
- 3) кинетическое, характеризующееся смещением стационарного потенциала;
- 4) энергетическое, связанное с появлением дополнительного скачка потенциала, например, вследствие перенапряжения водорода на катодных участках поверхности металла [4].

Экранирующие ингибиторы коррозии металлов, адсорбируясь на поверхности металлов, образуют хемосорбционный слой или чаще всего защитную пленку нерастворимых продуктов, взаимодействуя с первичными анодными продуктами коррозии – ионами растворившегося металла.

Ингибиторы смешанного действия оказывают тормозящее действие, как на анодный, так и на катодный процессы. Примером смешанных ингибиторов электрохимической коррозии металлов являются вещества, тормозящие



протекание обоих электродных процессов, а также нитриты аминов, применяемые для защиты, стали и чугуна от атмосферной коррозии [5].

По своей природе ингибиторы коррозии могут быть:

1. Ионными: катионного и анионного типа. К ингибиторам катионного типа относят четвертичные аммониевые соли, моноамины и др. К ингибиторам анионного типа относят производные карбоновых кислот (полимерные соединения акрилового ряда и сополимеры на основе малеинового ангидрида, производные сульфокислот, неорганические полифосфаты и др.). Обычно ингибиторы катионного типа имеют слабые защитные свойства в кислых средах [6].
2. Молекулярными соединениями (антраниловая кислота). Различают по составу на неорганические и органические. Присутствие в органических ингибиторах коррозии полярных атомов серы, которые имеют электроны, способные образовывать ковалентную связь с металлом, способствует их адсорбции на поверхности защищаемого металла [7].

Ингибиторы адсорбируются на поверхности корродируемого металла:

- электростатическая адсорбция ионов и полярных молекул за счет кулоновских сил при соответствующем знаке заряда поверхности металла;
- специфическая адсорбция поверхности активных ионов и молекул за счет межмолекулярных ван-дер-ваальсовых сил;
- хемосорбция ионов и молекул за счет валентных сил химического сродства;
- возможна также адсорбция вследствие одновременного действия разных сил.

## **1.2 Факторы, определяющие защитные свойства ингибиторов коррозии [8]**

### ***Влияние скорости потока***

Когда ингибитор коррозии плохо диффундирует и влияет на защитный эффект, увеличение скорости потока среды может заставить ингибитор коррозии равномерно расширяться до поверхности металла, что помогает увеличить скорость ингибирования коррозии. Когда скорость потока

увеличивается, скорость ингибирования коррозии может уменьшаться или увеличиваться, а скорость потока увеличивается, увеличивая коррозию, в результате чего ингибитор коррозии становится активатором коррозии. Влияние скорости потока среды на скорость ингибирования коррозии будет меняться в противоположном направлении при изменении концентрации.

### ***Эффект концентрации***

При фактическом использовании, с точки зрения принципа экономии, следует полностью учитывать эффект защиты и расход ингибиторов коррозии, чтобы подтвердить, что существует предел зависимости между скоростью действия ингибитора коррозии и концентрацией фактического количества ингибитора коррозии. то есть ингибирование коррозии при определенной концентрации. Эффект является наилучшим, слишком низкая или слишком высокая концентрация снизит скорость ингибирования коррозии.

### ***Влияние температуры***

Поскольку температура среды снижает количество растворенного кислорода на поверхности, это может в определенной степени снизить скорость реакции отрицательного электрода.

### ***Влияние pH раствора***

Например, ингибирующие анионы эффективны в предотвращении коррозии железа только при более щелочных значениях pH, чем критическое значение. Этот критический pH зависит от аниона.

## **1.3 Защита металлов от коррозии с использованием наночастиц в составе ингибиторов [9]**

Применение нанотехнологий в исследованиях сегодня является бурно развивающейся областью. Размер наночастиц варьируется от 1 до 100 нанометров. Различные подходы в различных областях, таких как промышленность, окружающая среда, биомедицина, сельское хозяйство и продукты питания, благодаря их уникальным и превосходным фундаментальным физическим и химическим свойствам, таким как более

высокая внешняя площадь, механическая прочность, оптическая активность и химическая реакция. Важнейшим применением наночастиц в промышленности является защита металлов от коррозии в различных средах. Металл обладает различными преимуществами, такими как высокая теплопроводность, высокая температура плавления и кипения, высокая прочность на растяжение, высокое отношение массы к объему и хорошая пластичность, поэтому он является основным материалом или сырьем в промышленности и различных других областях. Когда металл взаимодействует с окружающей средой, между металлом и окружающей средой возникает химическая или электрохимическая реакция. В результате оплавленный металл превращается в более химически стабильную форму, такую как оксид, гидроксид или сульфид, процесс, известный как коррозия. Это взаимодействие влияет на структуру и свойства различных материалов. Коррозия, необратимое повреждение или разрушение материалов, является очень дорогостоящим явлением и, следовательно, самой большой проблемой в мире. Стоимость коррозии эквивалентна примерно 4% ВВП, иными словами, мировое производство стали призвано компенсировать потери, вызванные коррозией. Коррозия зависит от многих физических и химических свойств окружающей среды, таких как влажность, газы, соли, загрязнители, температура, pH и тип электролита на поверхности металла. Для снижения скорости коррозии используются различные методы, такие как покрытие металлической поверхности, модификация окружающей среды, ингибиторы коррозии, pH и возможные изменения катодных или анодных реакций. Наиболее известным вариантом является использование ингибиторов для защиты металлов от коррозии. Эти ингибиторы создают защитное пламя на металлических поверхностях и помогают контролировать скорость коррозии. Многие органические и неорганические ингибиторы используются для снижения коррозии в металлургической промышленности. Эти ингибиторы очень дороги и токсичны как для окружающей среды, так и для человека, поэтому их применение ограничено. По сравнению с традиционными макроматериалами наноматериалы и их добавки имеют большее отношение

поверхности к объему и являются лучшими ингибиторами коррозии. Наносоединения предотвращают поверхностные реакции, блокируя активные участки на металлических поверхностях, контролируют скорость коррозии и обеспечивают твердость, прямолинейность, долговечность, оптическое качество и термическую стабильность. Эти типы соединений являются экологическими и разлагаются в окружающей среде.

Металлы и наночастицы их оксидов обладают хорошими антикоррозионными свойствами. В качестве ингибитора коррозии на металлических поверхностях легко наносится. Многие исследования обнаружили ингибирование коррозии за счет адсорбции наночастиц металлов и их оксидов на металлических поверхностях. В недавних сообщениях о наночастицах для повышения коррозионной стойкости используются металлы и их оксидные наночастицы, такие как Ag, TiO<sub>2</sub>, Cu<sub>2</sub>O, ZnO, ZrO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>.

Наноконпозиты – еще один отличный способ снизить затраты на коррозию. Полимеры и наноматериалы используются для приготовления наноконпозитов. Композитные материалы, как правило, состоят из органических и неорганических компонентов. Неорганические компоненты наноконпозитов обладают превосходной адгезией, высокой пластичностью и хорошей механической прочностью, в то время как органические компоненты обладают присутствием, улучшают совместимость и уменьшают пористость и дефекты. Наиболее часто используемыми органическими полимерами для получения наноконпозитных покрытий являются эпоксидная смола, полиуретан, полиэтиленгликоль (ПЭГ), полианилин (пани), полистирол, полиакриловая кислота, поливиниловый спирт (ПВС), пиррол, полиамид и др. Среди неорганических компонентов обычно используются наночастицы металлов и их оксиды, карбиды и фосфаты. В данной статье представлены предварительные исследования коррозионной стойкости наноконпозитов. Эссьен и др. Была исследована коррозионная стойкость конпозитов экстракта листьев оливы и наночастиц титана в 1 М соляной кислоте при температуре 30-60 ° С, и были проведены коррозионные испытания с помощью EIS, PDP и

измерения потери веса. Ингибирующее действие этих наночастиц напрямую связано с концентрацией и температурой. Уровень ингибирования был самым высоким, показывая 83% и 96,3% и 96,5% при различных концентрациях наночастиц. Соломон и др. Зеленые антикоррозионные нанокompозиты (наночастицы GA-Ag (NPs)) для стали были приготовлены и испытаны в 15% соляной кислоте и 15% H<sub>2</sub>O Агенты 2 и 4, но в 15% растворе соляной кислоты в качестве анодного ингибитора. Молекулы нанокompозита поглощаются поверхностью металла, защищая поверхность металла от коррозионно-активных веществ, присутствующих в агрессивных средах. Муресан и др. Изучена технология цинкования инертных наночастиц. Результаты исследования показывают, что покрытия обладают лучшей коррозионной стойкостью и механическими свойствами, чем чистые металлические покрытия. Полученные композитные слои обладают улучшенной коррозионной стойкостью и износостойкостью, повышенной твердостью, превосходными трибологическими свойствами и лучшей последующей адгезией краски. Нанокompозиты оксида цинка были приготовлены с использованием выбранных полимеров (полиэтиленгликоля (ПЭГ), поливинилпирролидона (ПВП), полиакрилонитрила (ПАН) и исследовано влияние нанокompозитов оксида цинка на низкотемпературный раствор соляной кислоты. Ингибирование коррозии углеродистой стали.

Предоставляются микрофотографии СЭМ для топографического анализа поверхностей с покрытием и без покрытия. Микрофотографии поверхности предоставляют информацию о степени повреждения поверхности, вызванного коррозионными ионами в каждой коррозионной среде. Эти нанокompозиты эффективно повышали коррозионную активность при увеличении концентрации полимерных ингибиторов в нанокompозитах и композитных покрытиях, что также препятствовало растворению мягкой стали в кислых растворах. Эффективность ингибирования коррозии находится в порядке ZnO/PVP>ZnO/PAN>ZnO/PEG (рис. 1.1).

Ингибирование коррозионной стойкости композитов нанофосфата цинка с полианилином на подложках из мягкой стали. Экспериментально

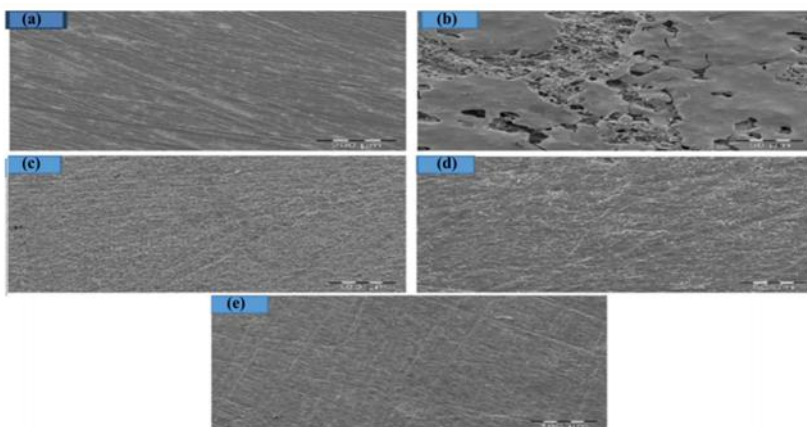


Рисунок 1.1 – микроснимок СЭМ для анализа поверхности низкоуглеродистой стали из различных оксидноцинковых наноматериалов [9].

определенная скорость коррозии проводящего полианилинового нанокompозита примерно в 34 раза ниже, чем у непокрытой мягкой стали и

композитного покрытия, что также обеспечивает большую термическую стабильность подложки. Хороший ингибитор обладает такими преимуществами, как высокий ингибирующий эффект, низкая цена, низкая токсичность и простота производства. Нанокompозиты имеют это преимущество и улучшенное воздействие на окружающую среду. Очень важно использовать нанокompозиты для подавления скорости коррозии. Он улучшает адгезионные свойства полимеров, а также снижает пористость металлических наночастиц.

#### 1.4 Современные ингибиторы коррозии [10]

В прошлом ингибиторы коррозии обладали низкой эффективностью ингибирования, высокой токсичностью, небольшим количественным разнообразием и неудобным применением. Современные ингибиторы коррозии во многом решают такие проблемы. Например, ионные жидкости (ИЖ), как экологически чистые и устойчивые соединения, препятствуют коррозии в различных средах. Исследованы эффекты ингибирования коррозии ингибиторов ИЖ на основе имидазолия, триазолия, тиазолия, индолия, пирролидиния, пиридиния, пиколина, пиперидиния, тиазиния, пиридазиния,

аммония, аминокислоты, фосфония, хитозана, акриламида и сульфония. Это благородные, многообещающие, экологически безопасные ингибиторы коррозии. Степень ингибирования коррозии может достигать 99% . В данной статье исследуются последние достижения в области систем ингибирования коррозии с использованием растительных экстрактов. Благодаря своему экологичному поведению и высокому ингибирующему эффекту некоторые экстракты были испытаны в качестве ингибитора коррозии металлов. Очевидно, что экстракты растений содержат несколько простых и сложных фитохимических веществ, которые могут эффективно адсорбироваться на металлических поверхностях и формировать защитный слой. Экстракты могут быть приготовлены в водных и органических растворителях.

Однако водные экстракты предпочтительнее, поскольку они относительно более устойчивые свойства. Что еще более важно, большинство органических растворителей довольно дорогие, и они не являются рентабельным методом добычи. Кроме того, большинство органических растворителей токсичны и небезопасны для окружающей среды, поэтому область их применения для экстракции очень ограничена. Однако некоторые водные и органические экстракты протестированы в качестве ингибиторов в современных системах ингибирования коррозии (MCIS). Они подходят для разных металлов и сплавов в разных электролитах. Литературные исследования показывают, что многие экстракты недавно были протестированы как ингибиторы коррозии в HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaCl и других электролитах. Тем не менее, сообщения о консервирующем действии растительных экстрактов в электролитах на основе NaCl отсутствуют. Поэтому следует изучить коррозию экстракта как ингибитора коррозии в таких электролитах. В некоторых отчетах большинство растительных экстрактов показали смешанные и межфазные реакции. Доминирование через катод наблюдалось в нескольких отчетах. Адсорбция большинства растительных экстрактов на металлических поверхностях следует изотерме адсорбции Ленгмюра, хотя в нескольких отчетах Темкин также была установлена адсорбция Фрейндлиха. Молекулярная

динамика (МД) и вычислительные исследования на основе DFT широко используются для описания взаимодействия между фитохимическими веществами и металлическими поверхностями. Анализ моделирования МД показал, что фитохимические вещества спонтанно адсорбируются на металлических поверхностях с использованием плоской ориентации. Благодаря своей адсорбции эти фитохимические вещества образуют защитный барьер между поверхностью металла и окружающей средой.

## **1.5 Ингибиторы на основе пектина**

### **1.5.1 Получение пектина из томатной кожуры и его применение, как ингибитора коррозии для олова [11, 12]**

Цель работы – изучение кожуры помидоров как потенциального источника плодового клея и применение оловянной антикоррозионной добавки.

Были изучены возможности использования биоорганических помидоров в качестве исходного сырья для производства дешевого пектина и их применения в качестве замедлителя коррозии в целях реализации принципов рециркуляции экономики и решения основных проблем удаления отходов.

В условиях обратного течения две партии фруктового пектина (А и В) были извлечены из цистерн оксалат аммония/щавелевой кислоты. Были изучены физико-химические свойства чистого олова, структурные характеристики (FTIR и NMR) и их применение в качестве замедлителя коррозии пектина.

Экстрагировать пектин из двух партий сухой томатной кожуры (А и В) и отсасывать в конденсационной системе при температуре 90 °С, использование оксалата аммония (16 г/л) и оксалата (4 г/л) в качестве растворителей для экстракции в два этапа.

На рисунке 1.2 показана схема извлечения плодов из двух партий сухих отходов. Производство пектина означает соотношение массы сухого плода, полученного после его извлечения, и исходного качества помидорной кожуры.



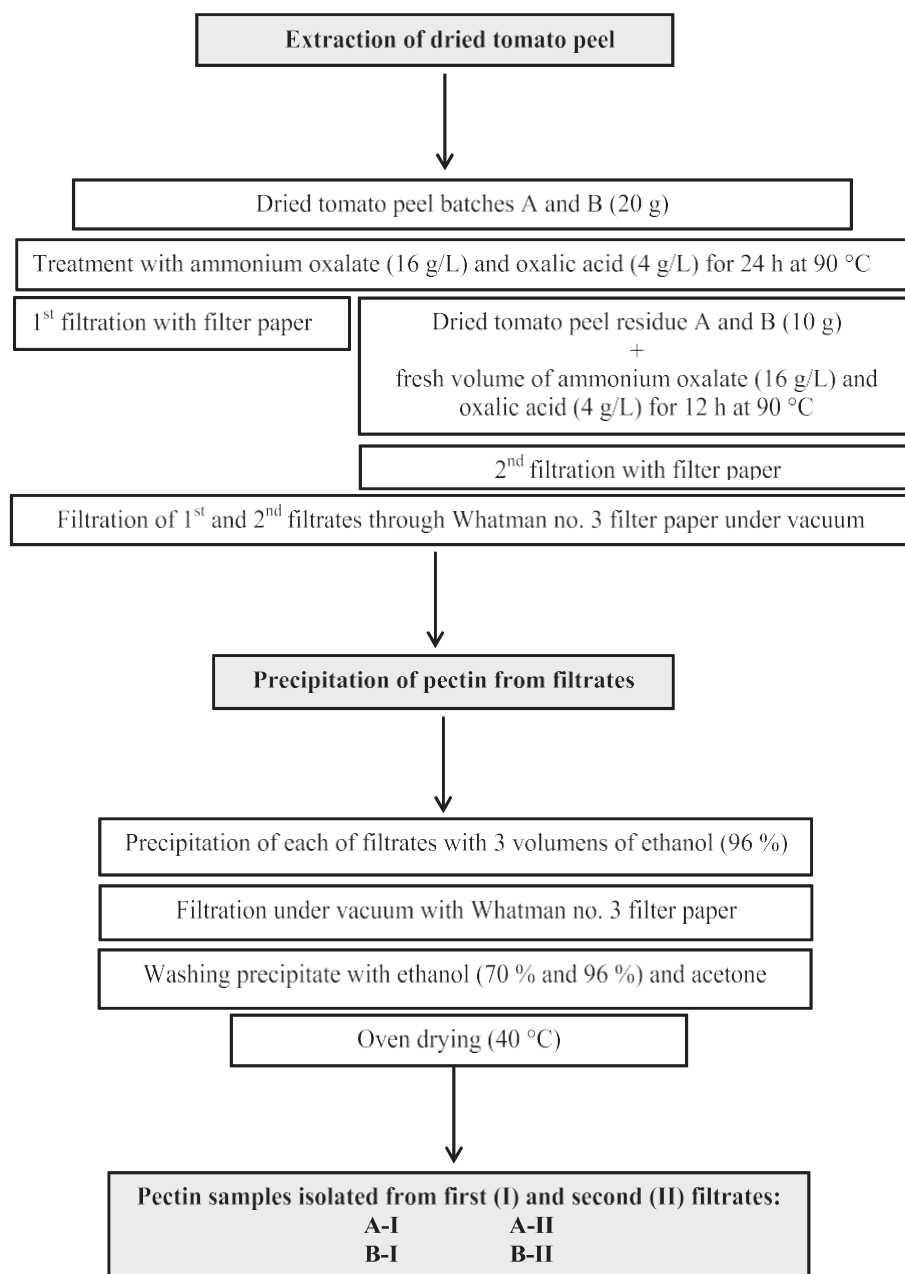


Рисунок 1.2 – Схема разделения пектинового клея из двух партий корок помидоров (А и В).

Поскольку физико-химические и структурные характеристики пектинового клея, полученного из партии А (А - I) томатной корки, подтвердили более высокую степень чистоты и качества, этот Пектин используется во всех дальнейших электрохимических экспериментах. Для сравнения антикоррозионной эффективности фруктового клея, выделенного из продажи яблочного пектина в ряде муниципалитетов, был проведен анализ.

Кривая поляризации олова под 25°C в опытном растворе (2% хлорид

натрия, 1% уксусной кислоты и 0,5% лимонной кислоты) кривая отражает зависимость между плотностью тока и концентрацией пектина, т.е. концентрацией тока, которая уменьшается в результате увеличения концентрации пектина. Кроме того, значения  $E_{\text{согг}}$  переносятся на более отрицательные потенциалы, в частности путем добавления А - I (рис. 1.3 б), и при каждом потенциале ток катода уменьшается по сравнению с пробелом. Наблюдаемые изменения в значениях  $E_{\text{согг}}$  объясняются более высокой задержкой катодной реакции по сравнению с соответствующей анодной реакцией. Эти результаты показывают, что в обоих исследованиях пектин можно классифицировать как катодный ингибитор, а подавление катодного процесса может быть результатом однослойного покрытия адсорбента.

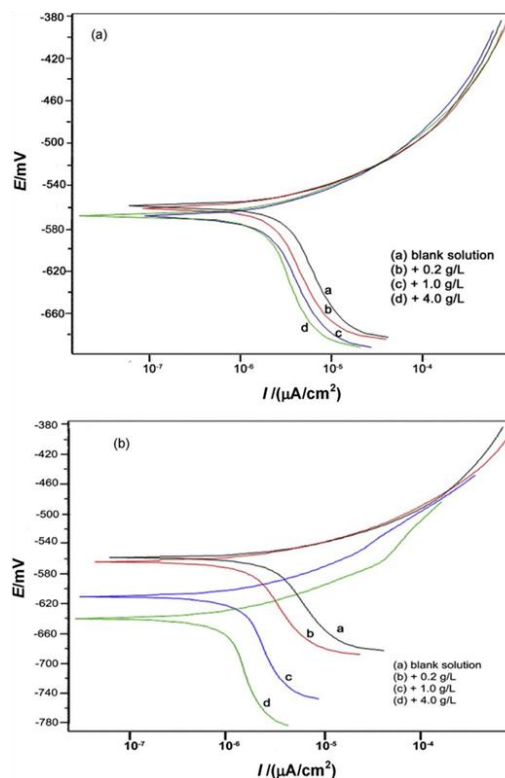


Рисунок 1.3 – (а) и (б) кривые динамической поляризации олова при 25°C в растворах 2% NaCl, 1% уксусной кислоты и 0,5% лимонной кислоты различных концентраций (0,2-4,0 г/л): а) коммерческий пектин яблоки и б) пектин, полученный из кожуры томата.

Исследования показали, что томатный кожанный шлак является перспективным промышленным ресурсом, который можно использовать в пищевой и консервной промышленности.

### 1.5.2. Пектин, как зеленый ингибитор коррозии для алюминия в кислой среде [13]

Цель работы – изучение пектина как зеленого замедлителя коррозии алюминия в растворе соляной кислоты.

Пектин цитрусовой кожуры (среднее молекулярное количество 30 - 100

кг/моль, эфирное содержание = 60%). Объект исследования – алюминиевые пластины.

На рисунке 1.4 показано, что при различных температурах при использовании различных концентраций HCl потери массы алюминия зависят от концентрации пектина. При той же температуре удельная потеря массы металла прямо пропорциональна концентрации соляной кислоты и наоборот – концентрации пектина. Повышение температуры повысит скорость растворения алюминия в растворе соляной кислоты.

При четырех выбранных температурах скорость реакции изменяется одинаково, при этом скорость реакции достигает предельного значения (постоянной скорости). Крупные молекулы пектина успешно противодействовали образованию защитного слоя, что можно объяснить присутствием в каждой из повторяющихся ячеек макромолекулы пектинового заряда.

Эти группы с отрицательным зарядом могут соединять заряженные алюминиевые ионы ( $Al^{3+}$ ) со статическим электричеством на поверхности металла. Кроме того, положительная электростойкость алюминия может сделать его луизианской кислотой, поэтому он может образовывать связи с гетероатомами кислорода, которые рассеяны на повторяющихся элементах в пектиновых макромолекулах.

В заключение следует отметить, что такие межмолекулярные и внутримолекулярные силы играют ведущую роль в успешном формировании защитного слоя и защите от коррозии HCl, и поэтому увеличение концентрации пектинового клея оказывает одинаковое воздействие на эффективность

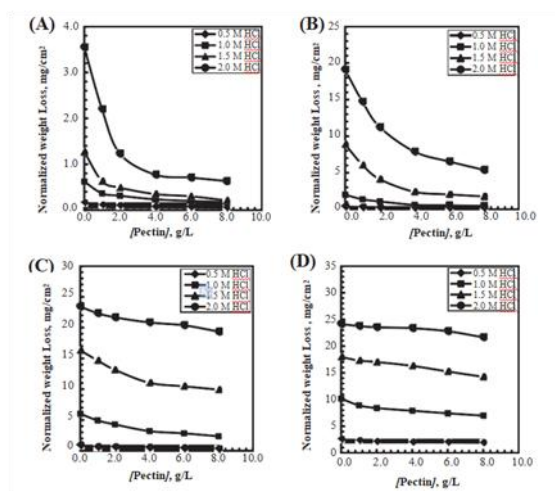


Рисунок 1.4 – Микроснимок СЭМ для анализа поверхности низкоуглеродистой стали из различных оксидноцинковых наноматериалов.

подавления.

При использовании 2,0 мг HCl при температуре 10°C эффективность торможения достигала максимума (т.е. коэффициент торможения = 91,3 процента), тогда как в других концентрациях HCl наблюдалось некоторое повышение эффективности торможения по мере увеличения концентрации пектина. Наибольшая эффективность подавления при использовании 2,0 мг - HCl обусловлена ожидаемой деградацией длинной цепи пектинового волокна через клавиши C-O-C до более мелких, но не связанных друг с другом сегментов. Эти небольшие сегменты являются более жизнеспособными, менее скрученными и менее скрученными, поэтому они могут быть прикреплены к поверхности алюминия и образуют хорошо ориентированный защитный слой, что позволяет получить большую эффективность торможения.

С другой стороны, под 30°C и 40°C поверхностная кинетическая энергия достаточно высока для того, чтобы разогнать и удалить эти разлагающиеся короткие молекулярные сегменты пектинового клея, что приводит к минимальному поверхностному покрытию, и таким образом получить наименьшее значение эффективности торможения.

В кислотных средах к поверхности алюминиевых металлов успешно применяются натуральные высокомолекулярные элементы пектина в качестве замедлителя коррозии, когда концентрация пектина составляет 2,0 г/л, эффект торможения почти достигает насыщения, когда концентрация пектина составляет 8,0 г/л, коэффициент торможения при 10°C составляет 91%, а при 40°C – 31%. Чем выше концентрация пектина, тем больше энергия активации, энтальпия активации и энтропия активации. Эти интересные результаты делают пектин природным полимером, который, по всей вероятности, станет следующим поколением заменителей обычных химических и токсических ингибиторов.

### 1.5.3. Пектин, как “зеленый” ингибитор коррозии для стали X60 в кислой среде [14, 15]

Цель работы - изучение антикоррозионного воздействия пектина на сталь X60 трубопроводов в соляной кислоте.

При подготовке материалов использовали низкоуглеродистую сталь X60, это типичная сталь трубопровода, которая соответствует спецификации материалов API X60. Концентрация корродирующей среды составляет 0,5 м HCl, подготовленной на уровне AR 36% HCl. Все приготовления сделаны из дистиллированной воды. В качестве ингибитора используется яблочный пектин.

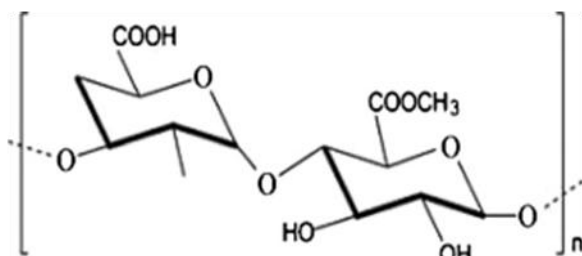


Рисунок 1.5 – Химическая структура мономерного звена пектина.

коррозионные действия в различных концентрациях пектинового клея на стальных трубах X60 в 0,5 м HCl.

Уникальные характеристики пектина включают многофункциональные,

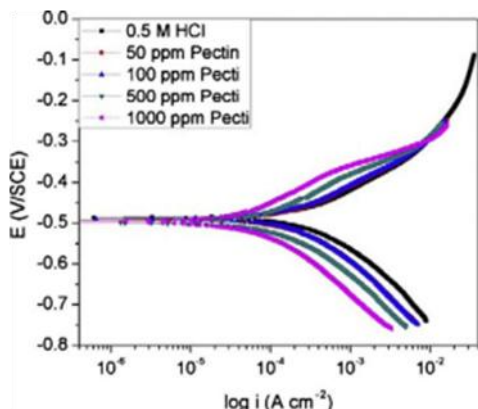


Рисунок 1.6 – Кривая поляризации электрического потенциала стали X60 в 0,5 М HCl.

С помощью трех электрохимических методов – поляризации потенциала, спектров электрохимического сопротивления (EIS) и электрохимической частотной модуляции (EFM) – были изучены

биологически деградирующие, гибкие структурные сети, нетоксичность и низкие производственные затраты. Анализ молекулярной структуры дублирующих элементов пектина, показанный на рисунке 1.5, выявил наличие карбоксильных, эфирных и гидроксильных радикалов, которые обеспечивают возможность ионного взаимодействия с поверхностью

металла и, следовательно, в полной мере отвечают важным критериям, которые играют роль замедлителя коррозии. Сообщалось, что это высокоэффективный зеленый замедлитель коррозии для алюминия в растворе соляной кислоты.

На рисунке 1.6 показана кривая поляризации электрического потенциала стали X60 в 0,5 м HCl, которая не содержит пектина и содержит пектин в различной концентрации. Кроме того, потенциал коррозии ( $E_{corr}$ ) несколько сместился в отрицательном направлении по сравнению с порошком раствора. Было также отмечено, что поляризационная кривая катода создает параллельную линию Тафеля, свидетельствующую о том, что процесс анализа водорода не изменился после введения пектина в коррозионную среду. Это также свидетельствует о том, что пектин сдерживает коррозию стали X60, просто блокируя точки реакции без ущерба для механизмов реальной реакции.

На рисунке 1.7 представлены импедансы стали X60 в 0,5 м HCl при отсутствии и присутствии пектина изображены как а) Найквист, б) модульный модуль Боде и с) форма фазового угла Боде. Как видно из кривой Найквиста, после добавления ингибитора реакция х60 на сопротивление в кислотной среде изменилась. На диаграмме Найквиста характерно полупроводниковое конденсаторное кольцо, соответствующее постоянной времени на диаграмме

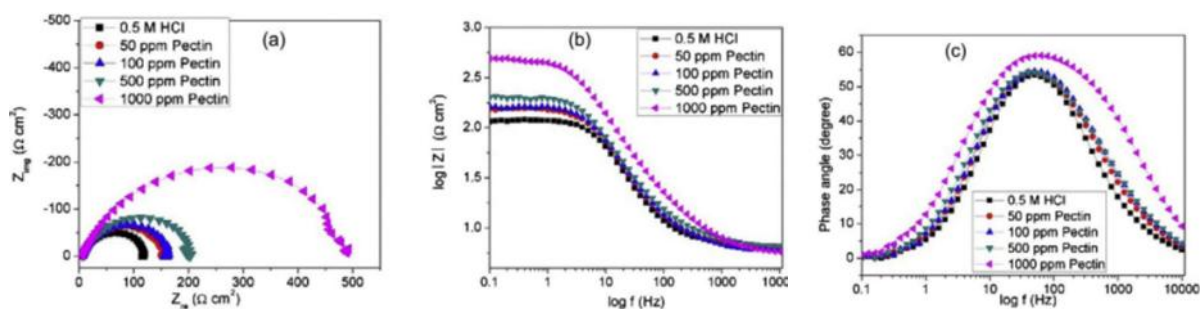


Рисунок 1.7 – Импедансная карта стали X60 в 0,5 м HCl.

Боде, что указывает на то, что коррозия стали X60 контролируется процессом переноса заряда. С увеличением концентрации пектина, диаметр половины круга диаграммы Найквиста и размер модуля Поттера увеличиваются, что указывает на образование адсорбционной пленки на поверхности стали.

С помощью электрохимических, химических методов мониторинга

коррозии и поверхностного анализа была проведена оценка потенциала пектина (биополимера) в кислой среде в качестве замедлителя коррозии стали трубопровода X60. Результаты свидетельствуют о том, что пектин оказывает хорошее коррозионное воздействие на кислотную коррозию стали X60. Коррозионное воздействие связано с концентрацией и температурой замедлителя; по мере повышения концентрации пектина и температуры раствора повышается эффективность торможения исследование динамической поляризации показывает, что пектин является гибридным замедлителем, но контролируемым катодом. Адсорбция пектиновых молекул на поверхности стали может быть схожа с моделью изотерм сорбции Лангмюра, и поэтому пектин рассматривается в качестве замедлителя коррозии. Результаты анализа поверхности SEM и измерения угла соприкосновения хорошо согласуются и четко указывают на значительное воздействие концентраций замедлителя на эффективность коррозии. Результаты квантовых химических расчетов дают полезную информацию для изучения активной части и активных параметров пектина как стального замедлителя X60.

#### **1.5.4. Наночастицы $\text{CeO}_2$ в пектине как ингибитор коррозии для стали X60 в кислой среде [16]**

Цель работы – воздействие добавления  $\text{CeO}_2$  наночастиц на пектин как ингибитор коррозии стали X60 в соляной кислоте.

При температуре  $25^\circ\text{C}$  электрохимический метод использовался для оценки коррозионного воздействия стали X60 на 0,5 мг - ГХГ, которое не содержало и не содержало только пектина различной концентрации (50 - 500 ppm) и частиц  $\text{CO}_2$  (1-5 мм). На рисунке 1.8 показана типичная кривая поляризации электрического потенциала из стали X60 в 0,5 М HCl при различных концентрациях: а) пектина и б) частиц  $\text{CeO}_2$ .

Исследования показывают, что эффективность борьбы с эрозией пектина повышается с увеличением концентраций и что при оптимальной концентрации пектина (500 ppm) она является наиболее эффективной. Таким образом, эта

концентрация была выбрана для оценки антикоррозионных свойств путем добавления частиц  $\text{CeO}_2$  в различных концентрациях. Воздействие добавления  $\text{CeO}_2$  на коррозионное воздействие пектина было изучено с помощью

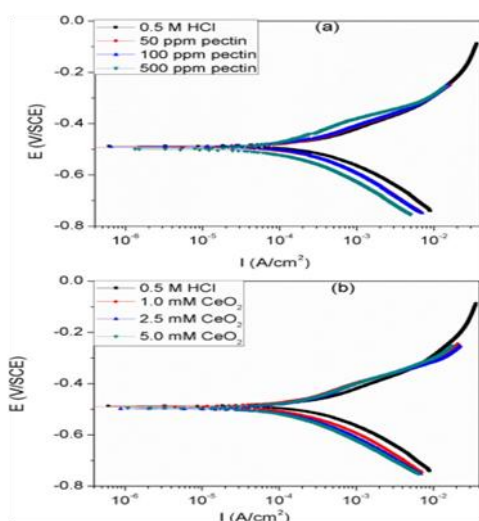


Рисунок 1.8 – Поляризационная кривая стали X60 в 0,5 м HCl, имеющаяся под 25°C и не имеющая различных концентраций а) пектин б)  $\text{CeO}_2$ .

коэффициент торможения при добавлении 2,5% и 5 мМ  $\text{CeO}_2$  увеличился соответственно с 70,0% до 73,7% и 75,4%.

Воздействие добавления  $\text{CeO}_2$  на способность лака к коррозии было изучено с помощью технологии электрохимического импеданса. На рисунке 3 показано комплексное сопротивление стали X60 в 0,5 М HCl, которое в отсутствие и при наличии 500 мМ пектинового клея сочетается с концентрацией  $\text{CeO}_2$  в различных концентрациях в виде модулей а) Найквист и б) Бодэ. Как указывается в отдельных ингибирующих растворах (пектиновый клей и  $\text{CeO}_2$ ), кривые

гравиметрического и электрохимического методов.

На рисунке 1.9 показана кривая динамической поляризации электрического потенциала стали X60 в 0,5 м HCl, которая не содержит пектина (500 ppm) и пектина в комбинации с  $\text{CeO}_2$  в 25°C при различных концентрациях. Как видно из полученных результатов, добавление  $\text{CeO}_2$  в пектин не влияет на потенциал коррозии.

Из 500ppm фруктового пектина коэффициент торможения при добавлении 1 мМ  $\text{CeO}_2$  снизился с 70% до 57%, а коэффициент

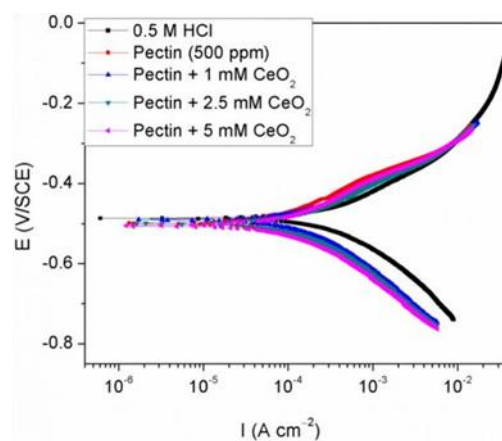


Рисунок 1.9 – Поляризационная кривая стали X60 в 0,5 м HCl, не существует и не существует смесей пектинового клея и пектина –  $\text{CeO}_2$  при 25°C.



Найквиста проявляются в виде отдельного контура конденсаторов, который также соответствует постоянной времени в модульном формате Боде. Проверка кривой Найквиста также показала, что в тех случаях, когда имеются желатин и желатин –  $\text{CeO}_2$ , форма кривой остается неизменной, что указывает на то, что добавление  $\text{CeO}_2$  в пектин не меняет механизм коррозионного процесса. Диаметр конденсаторного кольца одинаков в комбинации гумуса и пектина с 1 мМ  $\text{CeO}_2$ , а в комбинации гумуса с 2,5 и 5 мМ  $\text{CeO}_2$  диаметр конденсаторного кольца увеличивается на рис. 3; показывает увеличение сопротивления при переносе заряда в интерфейсе между металлом и раствором.

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Пектин и  $\text{CeO}_2$  представляют собой замедлители коррозии для стали X 60 в среде 0,5 М HCl. Эффективность торможения возрастает по мере увеличения концентрации пектина и  $\text{CeO}_2$ . С повышением температуры возрастает и значение пектина.

2. В зависимости от времени выщелачивания и концентрации  $\text{CeO}_2$ .

3. Синергические эффекты проявляются при более длительных темпах погружения и при более высоких концентрациях  $\text{CeO}_2$ , а антагонизм - при более коротких темпах погружения и при более низких концентрациях  $\text{CeO}_2$ , что подтверждается расчетными значениями синергических параметров.

4. Результаты динамической поляризации указывают на то, что пектин, как индивидуально, так и в сочетании с  $\text{CeO}_2$ , обладает смешанным действием замедлителя коррозии.

### **1.5.5 Свекловичный пектин как ингибитор коррозии для низкоуглеродистой стали в кислой среде [17, 18]**

Цель работы – изучение плодового пектина сахарной свеклы как зеленого ингибитора для коррозии низкоуглеродистой стали в растворах соляной кислоты.

Пектин, полученный в результате гидролиза кислоты SBP или ферментативного гидролиза в концентрациях 0,0625 – 2 г/л, проверяет эффективность

ингибирования при температурах 25, 40 и 60°С в растворе 1М HCl.

В лабораторных условиях с концентрацией в 1 г/л пектина и 2ч коэффициент ингибирования кислотного экстрагирования пектинового клея составляет  $82,7\% \pm 1,6$ ,  $86,0\% \pm 2,4$ ,  $89,3\% \pm 3,0$ , а ингибитор экстракции пектинового клея -  $91,6\% \pm 2,9$ ; при 25°С, 40°С и 60°С соответственно  $86,0\% \pm 0,11$  и  $86,2\% \pm 0,25$ . В ходе 24-х часового эксперимента коэффициент ингибирования при экстракции кислотного пектина составлял  $82,4\% \pm 1,4\%$ ,  $91,6\% \pm 2,6$  и  $87,0\% \pm 0,5\%$ , а коэффициент торможения при экстракции фермента плодом - 89,3 процента  $\pm 0,15$ ; соответственно  $87,2\% \pm 0,50\%$  и  $90,8\% \pm 1,5$  процента по разделам 25, 40 и 60°С.

Интересно, что с повышением температуры снижается эффективность торможения низкоуглеродистой стали в соляной кислоте. Это объясняется тем, что повышение температуры раствора при испытании приводит к десорбции молекул воды с поверхности стали и увеличению адсорбции плодов. Высокая эффективность подавления ферментов, извлекающих пектин при комнатной температуре, объясняется молекулярным составом, указанным в таблице 1. Они могут быть связаны с железом через химическую адсорбцию атомов кислорода на электроны. В связи с высокой кислотностью и стойкостью анионов карбоновые радикалы обладают повышенной повторной активностью, и ожидается, что они будут адсорбированы на поверхности железа сильнее, чем гидроксилы. Показано, что, хотя экстрагированный кислотой пектин имеет более высокое содержание галактонуклеиновой кислоты (более карбоксильной), чем фруктовый пектин, полученный ферментом, его содержание в первом случае является более низким. Ячейки с нейтральным сахаром представляют собой ветви основной цепи полигалактонуклеиновой кислоты, т.е. кислотный метод извлечения желе содержание белка выше, чем экстрагированный фермент фруктовый пектин; белковый остаток обычно прикрепляется к цепи Аравийского сахара. Эти ветви нейтрального сахара и белка, по сравнению с ферментами, приводят к тому, что карбоксильная группа кислорода играет более низкую роль по сравнению с железом на поверхности металла. Из-за

сложности конструкции пектина повышение температуры до более 25°C, помимо реакции, связанной с предотвращением коррозии металла, может приводить к различным побочным реакциям на пектин, таким, как гидролиз цепи цепочек с сахаром под действием высокой кислотности (1 м раствора HCl).

Плодовый пектин, извлеченный из сиропа, хорошо подавляется коррозией низкоуглеродистой стали в растворе соляной кислоты, сепарационный пектин ферментов имеет высокую эффективность коррозии. Из-за различий в химическом составе этих двух пектиновых клеев они демонстрируют различные тенденции воздействия температуры на свободный треугольник ГАДС, рассчитанный на основе испытаний на коррозию весом. поляризационные тесты показали, что пектиновый клей является гибридным антикоррозийным агентом, главным образом гетерополикислотным, и результаты спектров электрохимического импеданса показывают, что его коррозионное воздействие контролируется процессом передачи заряда. Адсорбция пектина на поверхности низкоуглеродистой стали соответствует изотерме поглощения Ленгмюра. Степень свободной адсорбции свидетельствует о том, что адсорбционный процесс является спонтанным. Поверхностный анализ показывает, что оба типа пектинового клея хорошо покрывают поверхность низкоуглеродистой стали, а железа в растворе соляной кислоты мало коррозии. Сравнение плодового клея, полученного из SBP, и плодового клея, полученного из других источников, с эффектом коррозии для низкоуглеродистых сталей в растворе HCl показывает перспективы потенциального применения SBP в качестве замедлителя коррозии.

Использование ферментов в качестве экологически чистых технологий извлечения пектинового клея также является важным преимуществом высокой коррозионной эффективности.

## **1.6 Методология эксперимента**

В рамках данной работы был рассмотрен ряд исследований направленных на разработки коррозионной защиты металла с использованием

комплексных ингибиторов на основе пектина. В таблице 1.6.1 представлено сравнение рассмотренных работ по определенным критериям.

В нашей работе ингибитором коррозии в различных агрессивных средах был выбран пектин с наночастицами оксида цинка промышленного производства с чистотой 99%.

Таблица 1.6.1 – Сравнение эффективности ингибиторов коррозии на основе пектина.

статья/ состав ингибитора	состав исследуемой стали, %	коррозионная среда	методы исследования коррозии	эффективность ингибирования
[9] / ZnO- PVP/PAN/PEG	0.0218%~2.11% C	15% HCl	гравиметрия, потенциометрия	эффективность ингибирования коррозии находится в порядке ZnO/PVP>ZnO/PAN>ZnO/P EG
[11, 12] / пектин из томата	Sn	2% NaCl, 1% CH <sub>3</sub> COOH и 0,5% HCOOH	потенциометрия	максимальная эффективность составляет 73%.
[13] / пектин	Al	HCl при разных температурах и концентрациях	гравиметрия	когда концентрация пектина составляет 2,0 г/л, эффект торможения почти достигает насыщения, когда концентрация пектина составляет 8,0 г/л, коэффициент торможения при 10°C составляет 91%, а при 40°C 31%. Чем выше концентрация пектина, тем больше энергия активации, энтальпия активации и энтропия активации.
[14, 15] / пектин	сталь х60	0,5 М HCl	гравиметрия, потенциометрия	по мере повышения концентрации пектина и температуры раствора повышается эффективность ингибирования
[16] / наночастицы CeO <sub>2</sub> в пектине	сталь х60	0,5 мг HCl	потенциометрия	эффективность ингибирования максимальна при 500 ppm пектина и 5 мМ CeO <sub>2</sub> – 70,0% и 69,9%
[17, 18] / свекловичный пектин	низкоуглеродистая сталь	1М HCl	гравиметрия, потенциометрия	эффективность ингибирования 91,6 ±2,9%

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ

### 2.1 Приборы и материалы

Приборы и материалы, которые применялись в научной работе представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. – Приборы и материалы

Приборы		Материалы	
1) Цифровой мультиметр Mastech MAS838 57762		1) Оксид цинка (ХЧ)	
2) Аналитические весы Acculab ALC-210D4		2) Яблочный пектин (ХЧ)	
3) Магнитная мешалка MS-3000 Biosan		3) Соляная кислота (ХЧ)	
4) Оптический металлографический микроскоп ЛОМО ЕС МЕТАМ РВ- 21 – 1		4) Азотная кислота (ХЧ)	
5) Растровый электронный микроскоп «LEO EVO 50» (Zeiss, Германия)		5) Гидроксид натрия (ХЧ)	
		6) Хлорид натрия (ХЧ)	
		7) Образцы:	
		• Высокоуглеродистая сталь У8А	

### 2.2 Объекты исследования

В работе, в качестве объекта исследования применяли высокоуглеродистую сталь У8А. Образцы для исследования представляют собой металлические пластины размером 1 × 1 см. Элементный состав стали представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2. – Элементный состав стали У8А

Объект	Химический состав	Условия обработки
У8А	0,8%С, 0,2%Cr, 0,17%Mn, 0,025%P, 0,17%Si, 0,018%S, 0,25%Ni, 0,25%Cu, остальное железо	Шлифовка поверхности (наждачная бумага с зернистостью от Р400 до Р4500)

### 2.3 Методики подготовки образцов и ингибиторов

Подготовка поверхности образца стали У8А осуществлялась посредством химического травления в смеси азотной и соляной кислот с объемной концентрацией 200 об.ч.(HNO<sub>3</sub>):300 об.ч.(HCl):500 об.ч.(H<sub>2</sub>O) и

последующей шлифовки образцов наждачной бумагой, для удаления продуктов коррозии и прочих адсорбированных соединений.

Для приготовления ингибитора коррозии использовали коммерческие нанопорошки ZnO в разных концентрациях ( $C = 0,05 \%$ ,  $0,1 \%$ ,  $0,15 \%$ ,  $0,2 \%$  масс), которые добавлялись в воду и водный раствор яблочного пектина ( $C = 0,3 \%$ ,  $0,5 \%$ ,  $1 \%$ ,  $5 \%$ ,  $10 \%$ , масс).

Перед испытанием образцы протирали тканью, пропитанной раствором ингибитора, затем высушивали при комнатной температуре.

## 2.4 Методы исследования

### *Метод гравиметрии*



НС1.Рисунок 2.1 – Метод гравиметрии коррозии стали У8А в среде  $\text{HNO}_3 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$ .

(рис. 2.1).

Исследования проводили с использованием Аналитических весов Acculab ALC-210D4. Исследуемые образцы стали помещали в коррозионную среду и фиксировали изменение ее веса каждые пять минут. Ускоренные гравиметрические испытания проводились в коррозионной среде:  $\text{HNO}_3 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$  (3:2:5)

Полученные данные были обработаны с помощью программы для численного анализа данных и построения графиков «Origin»

### *Метод потенциометрии*

Исследования проводили с использованием цифрового мультиметра Mastech MAS838 57762. Измерение потенциала проводили в течении 70 минут, до установления постоянного значения. Для эксперимента использовали

классическую двухэлектродную ячейку, в которой электрод сравнения (катод) – насыщенный хлорсеребряный и рабочий электрод (анод) – исследуемый металл (рис. 2.2).

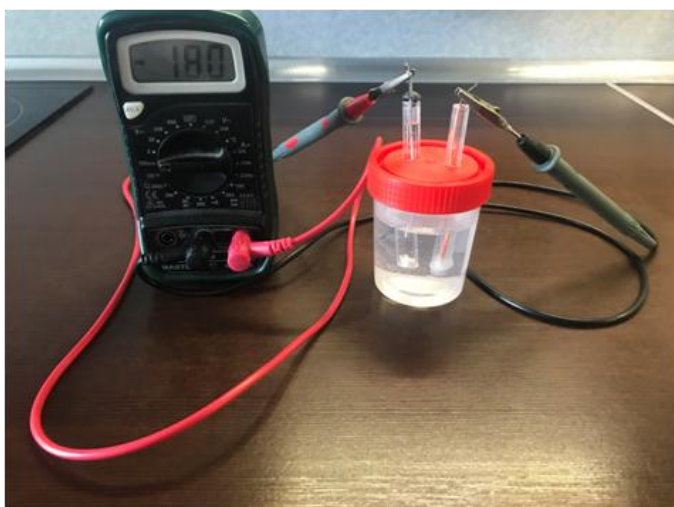


Рисунок 2.2 – Потенциометрический метод анализа коррозии стали У8А в 0,1 М и после коррозионных испытаний.

Потенциометрические кривые были обработаны с помощью программы для численного анализа данных и построения графиков «Origin».

### ***Методы оптической и электронной микроскопии***

Эти методы использовались для оценки качества морфологии поверхности образца стали У8А до

### ***Испытания во влажной камере***

Испытание образцов покрытых ингибитором на основе пектина проводили при влажности 75%. Такая атмосфера создавалась в эксикаторе над раствором насыщенного NaCl (рис. 2.3).

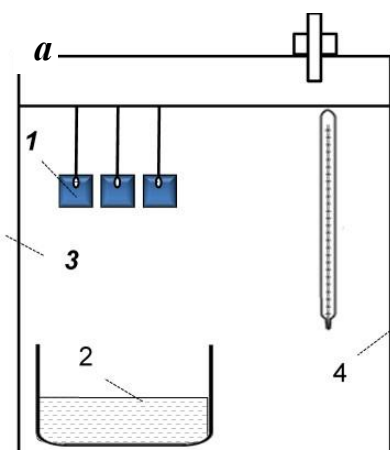


Рисунок 2.3 – Принципиальная схема испытаний во влажной камере (а), размещение образцов в эксикаторе (б).

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

#### 3.1 Гравиметрические испытания

##### 3.1.1 Ингибитор коррозии на основе водной суспензии оксида цинка

Для того, чтобы подобрать оптимальное процентное содержание наночастиц оксида цинка в растворе, обеспечивающее эффективную защиту поверхности стали от коррозии, необходимо провести коррозионные испытания в агрессивной среде. На рисунке 3.1 представлены ускоренные гравиметрические испытания для стали У8А с ингибитором – оксидом цинка, и

без него.

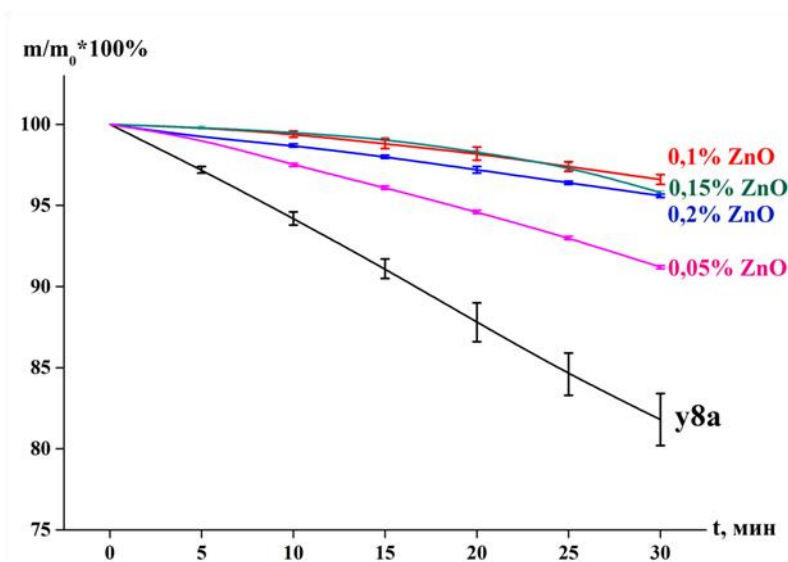


Рисунок 3.1 – Результаты гравиметрических испытаний стали У8А в смеси HCl и HNO<sub>3</sub>, ингибитор – водная суспензия оксида цинка.

Анализируя результаты испытаний, можно сказать, что добавление наночастиц оксида цинка в раствор повышает защитные свойства стали. Однако, максимальная эффективность ингибирования соответствует

содержанию 0,1 % масс. ZnO. Эффективность ингибирования ZnO при содержании 0,15 % масс. также высока, но по прошествии 30 минут начинает снижаться. Вероятно, это связано с тем, что повышение количества ингибитора свыше 0,1 % масс. приводит к активному удалению молекул ZnO с поверхности стали, что ускоряет процесс ее растворения.

Таким образом, на начальном этапе была подобрана оптимальная концентрация наночастиц оксида цинка – 0,1% масс.



На рисунке 3.2 представлены РЭМ изображения образцов стали У8А без ингибитора и с ним. Поверхность стали У8А без ингибитора имеет структура пластинчатого перлита, что характерно для эвтектоидной стали (рис. 3.2 а).

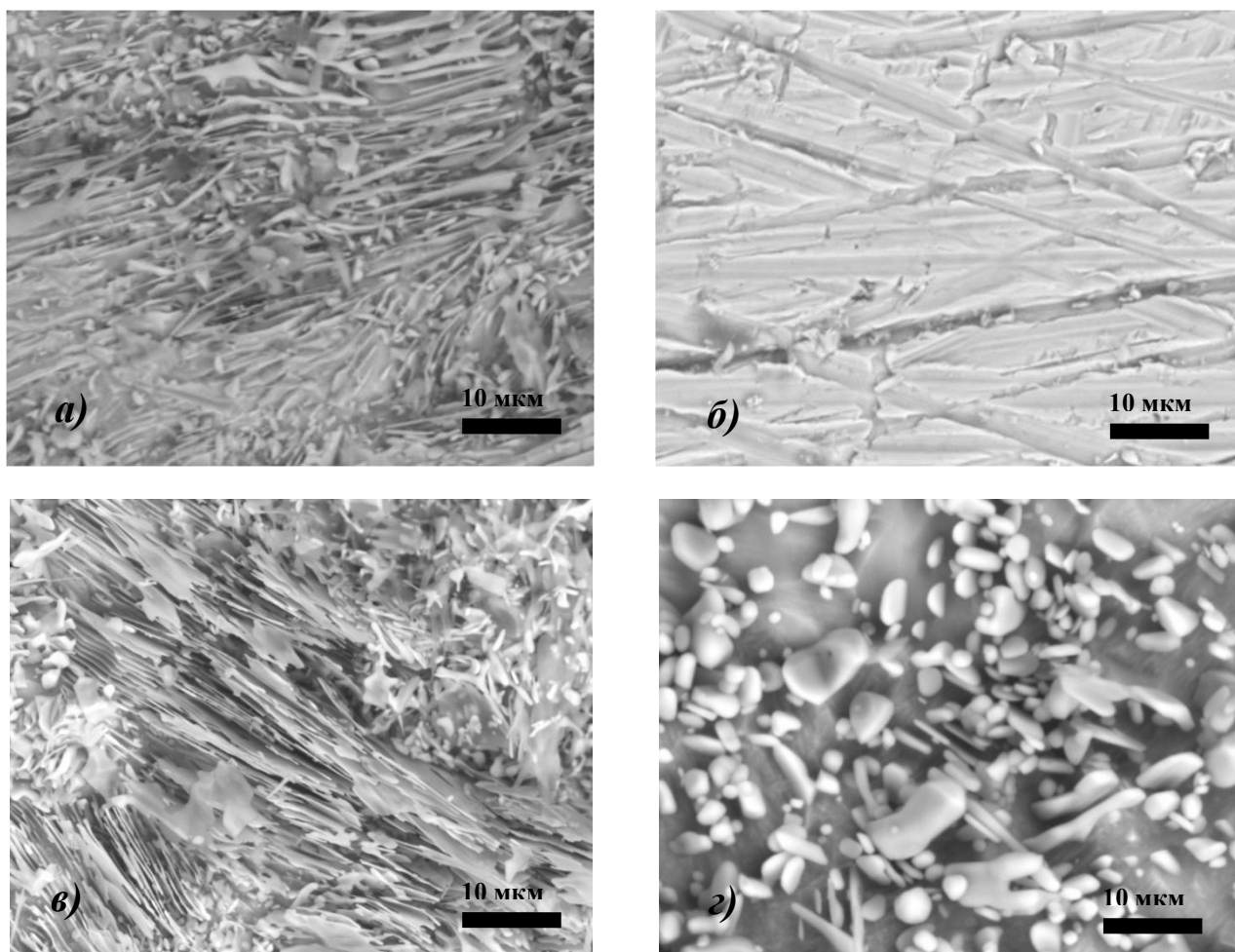


Рисунок 3.2 – РЭМ-изображения стали У8А: а) до коррозии, без ингибитора; б) до коррозии с ZnO; в) после коррозии без ингибитора; г) после коррозии с ZnO.

Нанесение наночастиц оксида цинка на поверхность феррит-перлитной стали меняет пластинчатую структуру на более гладкую поверхность (рис. 3.2 б). После травления стали без ингибитора в смеси HCl с HNO<sub>3</sub> пластинчатая структура стали проявляется сильнее (рис. 3.2 в). Образец стали, обработанный наночастицами оксида цинка, частично теряет сформированный поверхностный защитный слой, однако, пластинчатая структура стали практически не заметна. Это указывает на то, что защитный слой, образованный на поверхности стали наночастицами оксида цинка не удаляется полностью при выдержке образцов в смеси HCl с HNO<sub>3</sub> за данный промежуток времени (рис. 3.2 г).

### 3.1.2 Ингибитор коррозии на основе пектина с наночастицами оксида цинка

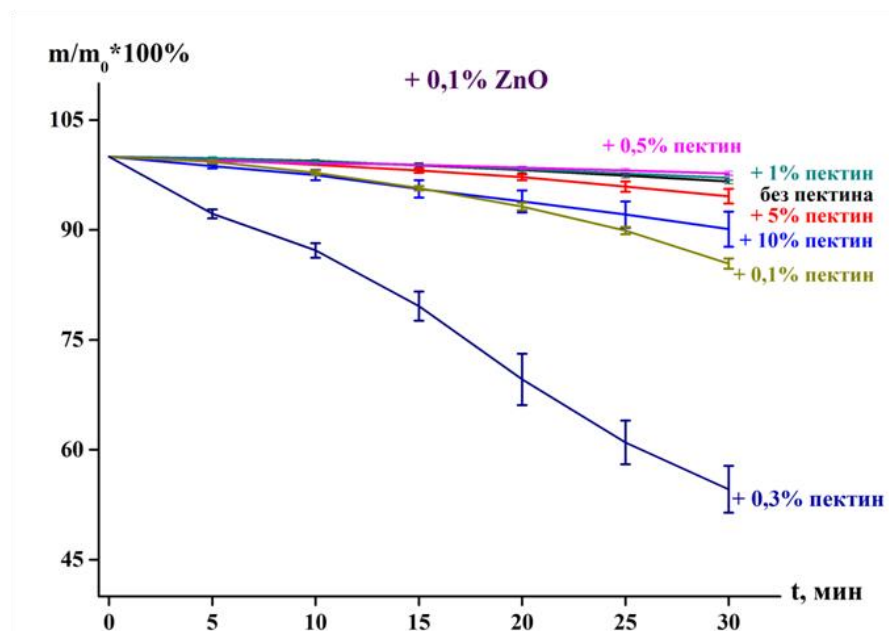


Рисунок 3.3 – Результаты гравиметрических испытаний стали У8А в смеси HCl и HNO<sub>3</sub>, ингибитор – водный раствор пектина с наночастицами оксида цинка.

На рисунке 3.3 представлены результаты гравиметрических испытаний, где ингибитором коррозии выступает водный раствор яблочного пектина с наночастицами оксида цинка (0,1% масс.). Были опробованы различные концентрации пектина в растворе. При концентрации пектина ниже 0,5% масс. макромолекул пектина недостаточно для формирования защитного поверхностного слоя. Более того, макромолекулы пектина способны образовывать межмолекулярные связи с наночастицами оксида цинка, снижая площадь поверхности защитного слоя, что увеличивает скорость коррозии стали. При концентрации пектина свыше 0,5% масс. также наблюдается увеличение скорости коррозии стали по сравнению с наночастицами оксида цинка без пектина. Вероятно, это объясняется повышенной концентрацией макромолекул пектина на поверхности стали. Макромолекулы пектина отщелкиваются от поверхности стали, при этом наночастицы оксида цинка образуют межмолекулярные связи с функциональными группами пектина. Все это делает поверхность стали «уязвимой», повышая скорость коррозии.

Максимальная эффективность ингибирования была достигнута при концентрации пектина 0,5% масс.

## 3.2 Потенциометрические испытания

### 3.2.1 Ингибитор коррозии на основе водной суспензии оксида цинка

На рисунках 3.4 и 3.5 представлены результаты потенциометрических измерений для стали У8А с и без ингибитора на основе водной суспензии оксида цинка в кислой и щелочной средах.

Согласно результатам потенциометрии в присутствии наночастиц оксида цинка происходит возрастание значений электродного потенциала, как в кислой, так и в щелочной средах. Это указывает на увеличение коррозионной стабильности стали в присутствии ингибитора коррозии.

Однако, в щелочной среде для концентраций 0,05 и 0,1% масс. оксида цинка происходит возрастание электродного потенциала с увеличением концентрации ингибитора. При концентрациях 0,15 и 0,2% масс. ZnO значения электродных потенциалов снижаются (рис. 3.4). Это может быть связано с тем,

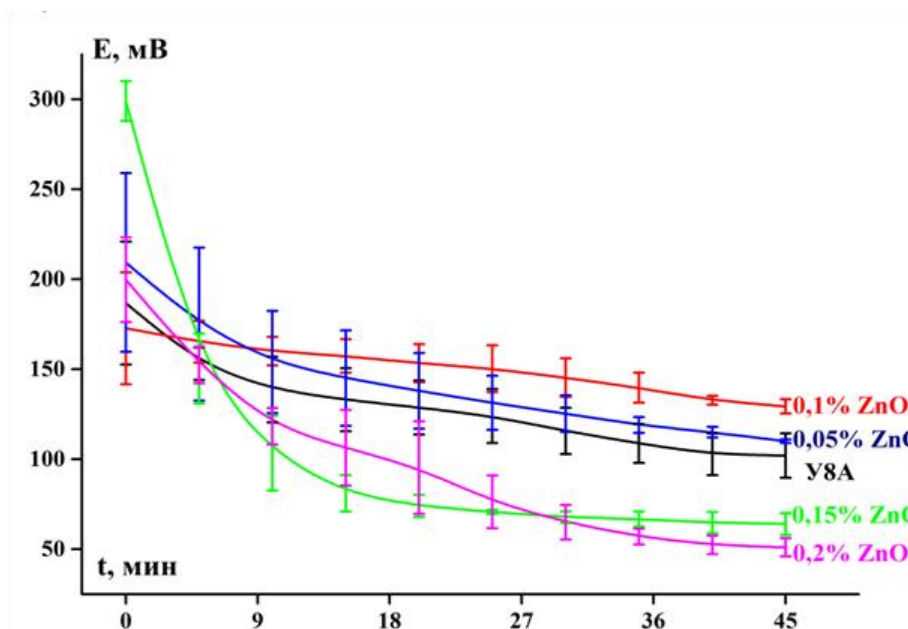


Рисунок 3.4 – Результаты электрохимических испытаний для стали У8А в щелочной среде (0,1 М NaOH) ингибитор коррозии – наночастицы ZnO.

что поверхность стали пересыщена молекулами и частицами ингибитора, их адгезия на поверхности ухудшается и часть защитного слоя отщелкивается от поверхности. Нельзя также исключать взаимодействие амфотерного оксида цинка с гидроксидом натрия. Таким образом, оптимальная концентрация НЧ в суспензии ингибитора составляет 0,1 %, масс. для данной среды.

В кислой среде (рисунок 3.5) добавление наночастиц ZnO также демонстрирует выраженную тенденцию улучшения коррозионных свойств стали (0,05-0,15% масс.). Однако, как и в щелочной среде, при максимальном содержании НЧ в суспензии (0,2% масс.) наблюдается снижение значений электродных потенциалов. Максимальная коррозионная устойчивость в кислой среде наблюдается для образцов стали обработанных в суспензии с С (ZnO) = 0,15 % масс.

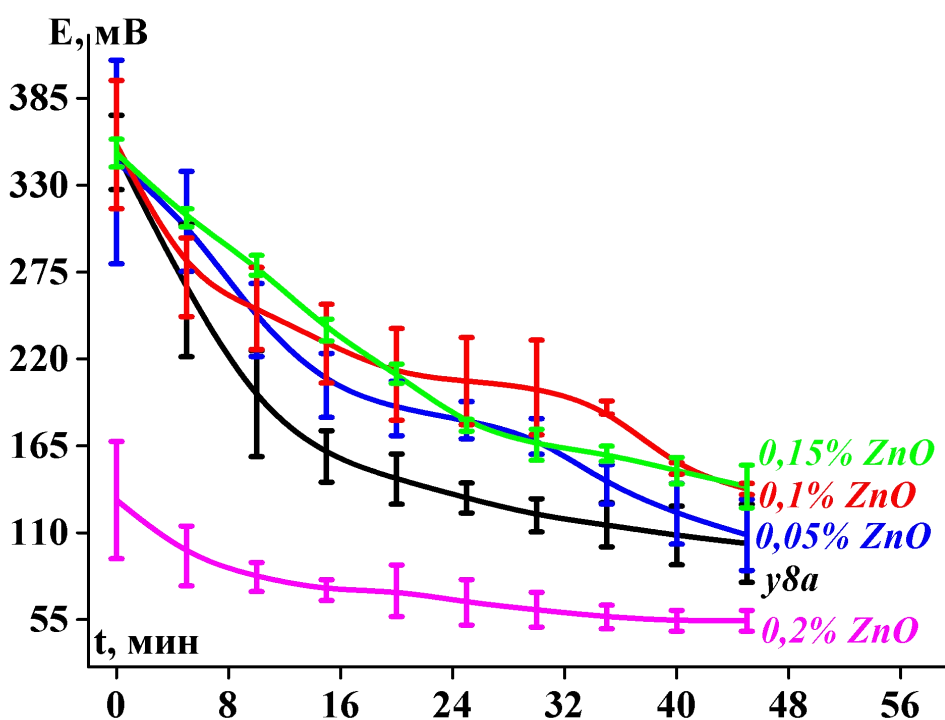


Рисунок 3.5 – Результаты электрохимических испытаний для стали У8А в кислой среде (0,1 М НСl), ингибитор коррозии – наночастицы ZnO.

### 3.2.2 Ингибитор коррозии на основе пектина с наночастицами оксида цинка

На рисунках 3.6 и 3.7 представлены результаты потенциометрических измерений для стали У8А с и без ингибитора на основе водной суспензии оксида цинка с пектином в кислой и щелочной средах.

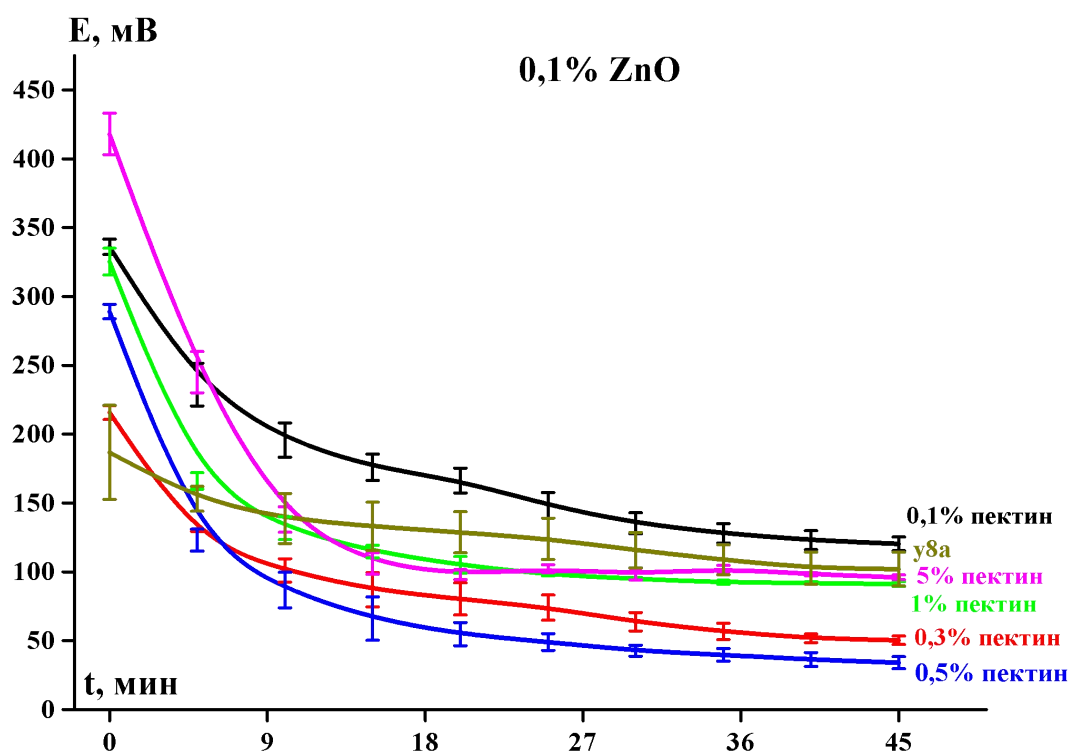


Рисунок 3.6 – Результаты электрохимических испытаний для стали У8А в щелочной среде (0,1 М NaOH), ингибитор коррозии – пектин с наночастицами ZnO.

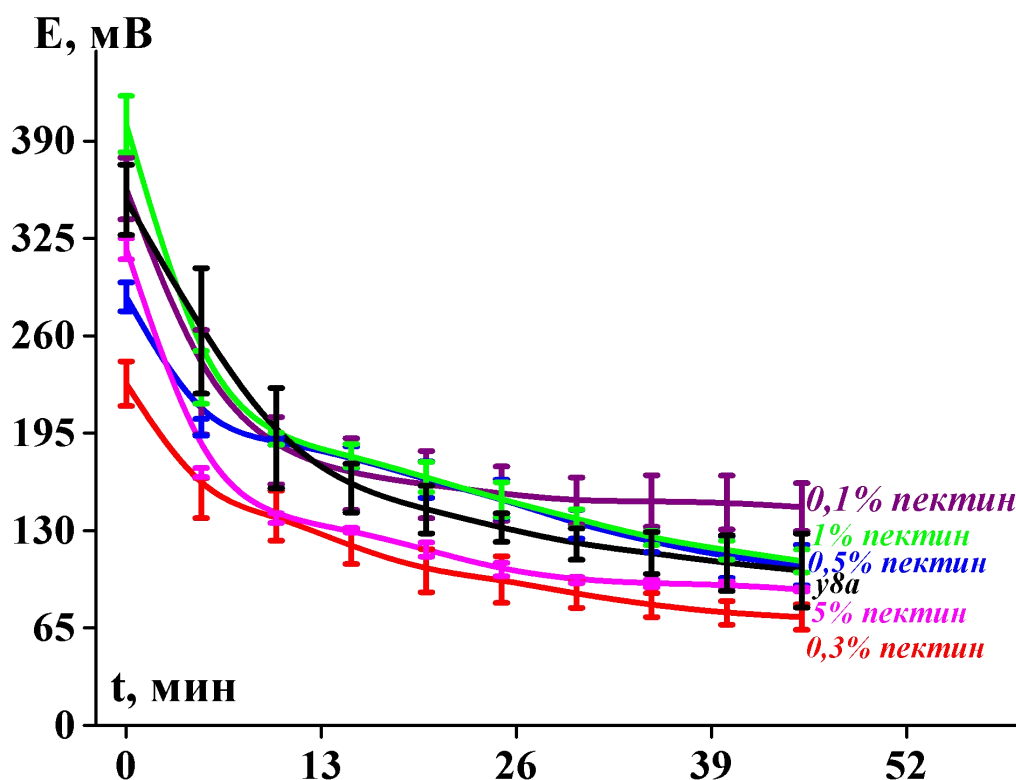


Рисунок 3.7 – Результаты электрохимических испытаний для стали У8А в кислой среде (0,1 М HCl), ингибитор коррозии – пектин с наночастицами ZnO.

В щелочной среде максимальная коррозионная устойчивость стали наблюдается при концентрации ингибитора – 0,1% масс. ZnO+0,1% масс. пектин (рис. 3.6). Здесь пектин образует на поверхности стали защитную пленку, препятствующую проникновению агрессивной среды к поверхности стали.

В кислой среде защитная пленка на поверхности стали образуется при концентрации ингибитора – 0,1% масс. ZnO+0,1; 0,5 и 1% масс. пектин (рис. 3.7). Эти результаты совпадают с результатами гравиметрических испытаний в 0,1 М HCl.

### 3.3 Корреляция результатов потенциометрических испытаний

Для количественного сравнения полученных результатов были использованы значение установившихся равновесных электродных потенциалов (таблица 3.1).

Таблица 3.1. Равновесные потенциалы стали У8А ( $E_{\text{равн}}$ ), мВ

Ингибитор	0,1 М HCl (pH=1)	0.1 М NaOH (pH=13)
–	102	101
0,05% масс. ZnO	108	105
<b>0,1% масс. ZnO</b>	137	<b>115</b>
<b>0,15% масс. ZnO</b>	<b>139</b>	64
0,2% масс. ZnO	53	50
<b>0,1% масс. ZnO+0,1% масс. пектин</b>	<b>146</b>	<b>121</b>
0,1% масс. ZnO+0,3% масс. пектин	72	48
0,1% масс. ZnO+0,5% масс. пектин	107	32
0,1% масс. ZnO+1% масс. пектин	109	90
0,1% масс. ZnO+5% масс. пектин	90	97

Из таблицы видно, что добавка наночастиц ZnO и наночастиц ZnO с пектином позволяет в 1,55 и 1,27 раза увеличить коррозионную устойчивость стали в кислой и щелочной средах соответственно.

### 3.4 Коррозионные испытания в атмосфере солевого тумана

Коррозионные испытания образцов стали У8А, покрытых ингибитором коррозии на основе пектина с наночастицами ZnO, проводились во влажной атмосфере 75% NaCl. После выдержки образцов стали с ингибитором и без него в агрессивных коррозионных условиях в течение трех недель, было доказано, что ингибитор коррозии на основе пектина с наночастицами ZnO эффективно защищает сталь от процесса окисления (рис. 3.8 и 3.9).

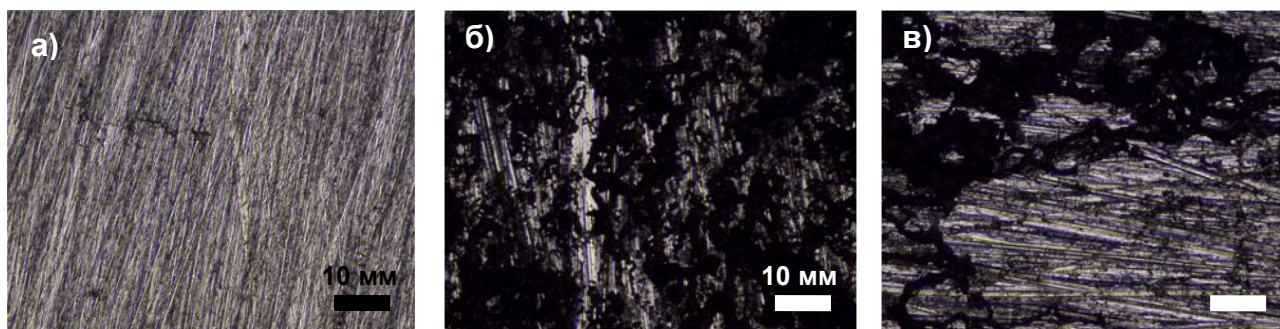


Рисунок 3.8 – Оптические фотографии стали У8А после 3 недель выдержки во влажной атмосфере 75% NaCl: а) чистая сталь, б) без ингибитора после коррозии, в) ингибитор пектин с наночастицами ZnO после коррозии.

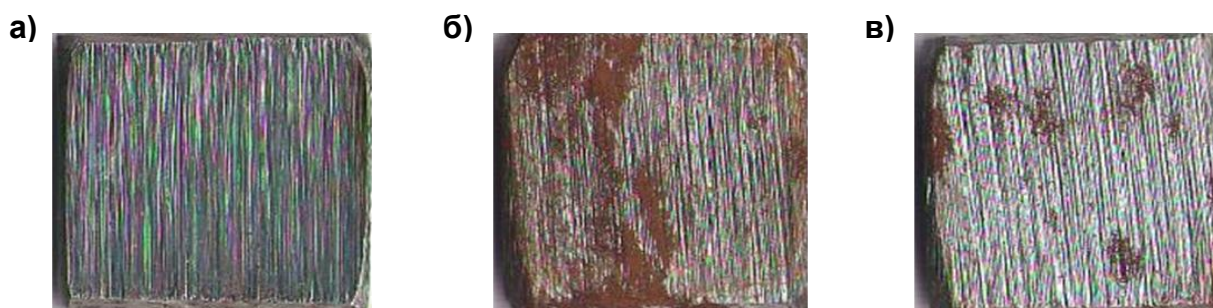


Рисунок 3.9 – Общий вид стали У8А после 3 недель выдержки во влажной атмосфере 75% NaCl: а) чистая сталь, б) без ингибитора после коррозии, в) ингибитор пектин с наночастицами ZnO после коррозии.

Для того, чтобы объяснить полученные результаты, можно предположить следующий защитный механизм образования защитной пленки на поверхности стали в коррозионной среде. В сильно кислой среде макромолекулы пектина протонируются ионами водорода, приобретая положительный заряд, что затрудняет их адсорбцию на положительно заряженной поверхности стали. В тоже время отрицательно заряженные ионы  $\text{Cl}^-$  и  $\text{NO}_3^-$  легко адсорбируются на поверхности стали [19]. Функциональные группы пектина –  $\text{COOH}$  легко протонируются в сильно кислой среде и образуют  $-\text{COOH}_2^+$ , что способствует образованию слабых Ван-дер-Ваальсовых связей с  $\text{Cl}^-$  и  $\text{NO}_3^-$ . Функциональные группы пектина  $\text{CH}_3\text{COO}-$  и  $-\text{O}-$  могут отдавать электроны или образовывать общую электронную пару с пустыми или незаполненными орбиталями железа, образуя координационно ковалентные связи. Такой механизм взаимодействия позволяет образовывать защитный слой на поверхности стали, блокируя активные центры и снижая вероятность протекания коррозионных процессов (рис. 3.10).

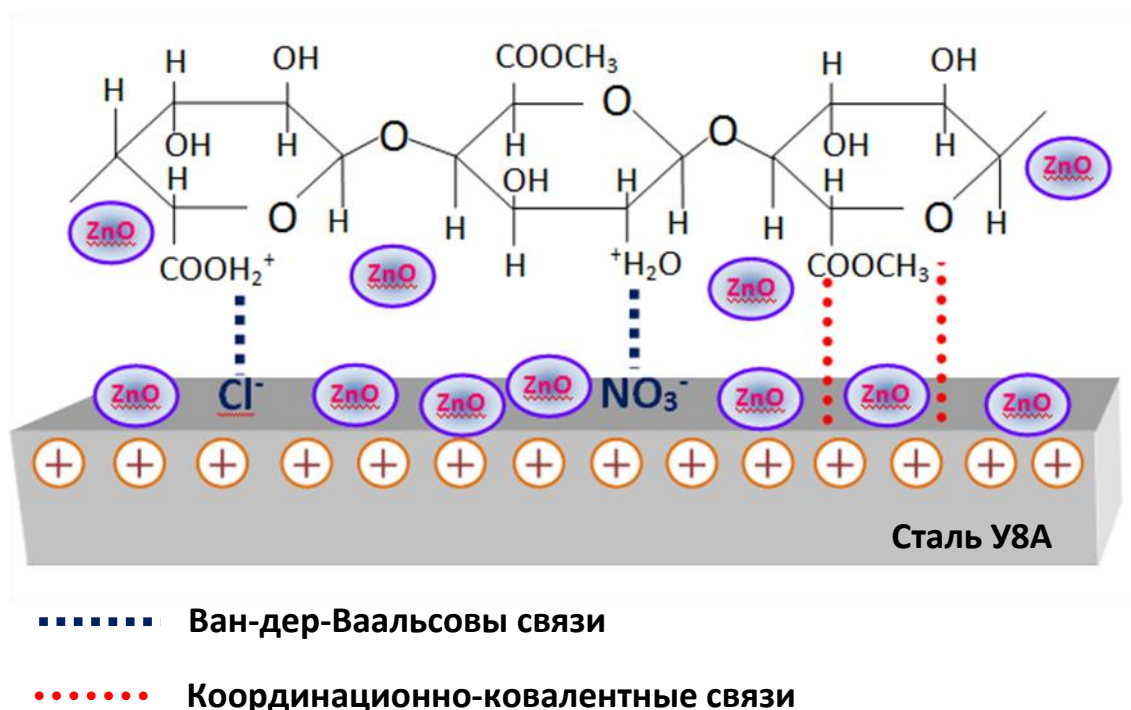


Рисунок 3.10 – Схема механизма адсорбции макромолекул пектина на поверхности стали У8А.



## **4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **Введение**

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

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

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

Целью данной ВКР является Разработка технологии формирования защитной пленки на поверхности стали уша с использованием наночастиц оксида цинка и пектина.

### **4.1. С точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения, оценить бизнес-потенциал и перспективы научных исследований**

#### **4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования**

Для анализа результатов исследования потребителей необходимо учитывать целевой рынок и сегментировать его.

Целевой рынок - сегмент рынка, в котором в будущем будут продаваться девелоперские проекты. И наоборот, рыночный сегмент – это

особая селекционная часть рынка, группа потребителей с определенными общими характеристиками.

Сегментация – это разделение покупателей на однородные группы, каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Вы можете использовать географию, население, поведение и другие условия для сегментации потребительского рынка. Вы можете использовать возраст, пол, национальность, образование, любимое занятие, образ жизни, социальный статус, род занятий, уровень дохода и другие характеристики, чтобы объединить их.

По категории потребителей (бизнес-организации, частные лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментации. Например, для коммерческих организаций критериями подразделения могут быть: местоположение; отрасль; производимые товары; размер и т. д.

Для физических лиц критериями подразделения могут быть: возраст; земля; национальность; образование; уровень дохода; социальные отношения; профессиональная принадлежность и т. д.

Исходя из установленных стандартов, рекомендуется выбрать два наиболее важных рыночных стандарта. На основе этих стандартов была составлена карта сегментации рынка.

Например, рынок гелей на основе природных полимеров в качестве тест-систем для диагностики коррозии металлов можно разделить по следующим условиям: поврежденные участки костной ткани или временное восстановление костной ткани (рис. 4.1).

Рисунок 4.1. – Сравнительная сегментация рынка компаний, использующих металлы в медицине.

		Гель как тест-система для диагностики коррозии металлов		
		Имплантаты	Хирургические инструменты	Стоматологические приложения
Размер компаний	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

— Компания Bright Optoelectronics Technology  
 — Компания медицинского оборудования Heija  
 — Минимально инвазивная медицина

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить с целью определения конкурентоспособности разрабатываемого продукта или технологии. Изучение конкурирующих разработок позволяет найти недостатки продвигаемого товара или услуги, а также определить дальнейшее направление научного исследования.

В таблице 4.1 перечислены имеющиеся в продаже пектины в качестве тест-систем для оценки коррозионной стойкости металлов.

В ходе исследования коррозионную стойкость оценивали двумя способами: путем наблюдения за морфологией поверхности сплава до и после контакта с гелем и путем расчета тока коррозии в аккумуляторе с использованием полимерного электролита.

Таблица 4.1. – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Повышение производительности пользователей	0,08	5	3	3	0,3	0,18	0,18
2. Энергоэффективность	0,13	5	2	4	0,65	0,3	0,42
3. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	4	3	5	0,36	0,09	0,45
4. Помехоустойчивость	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
5. Потребность в ресурсах памяти	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
6. Простота эксплуатации	0,08	5	3	3	0,4	0,24	0,24
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Уровень проникновения на рынок	0,1	5	5	4	0,6	0,5	0,5
2. Финансирование научной разработки	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,15
3. Послепродажное обслуживание	0,1	4	5	3	0,5	0,5	0,3
4. Наличие сертификации разработки	0,07	5	3	4	0,4	0,24	0,32
5. Конкурентоспособность продукта	0,07	5	4	5	0,35	0,28	0,35
6. Срок выхода на рынок	0,08	4	5	4	0,35	0,35	0,35
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>56</b>	<b>45</b>	<b>48</b>	<b>4,96</b>	<b>3,48</b>	<b>3,91</b>

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

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (1)$$

Где: К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

$$K_{\phi} = \sum B_i \cdot B_i = 56 \cdot 4,96 = 277,76$$

$$K_1 = \sum B_i \cdot B_i = 45 \cdot 3,48 = 156,6$$

$$K_2 = \sum B_i \cdot B_i = 48 \cdot 3,91 = 187,68$$

В результате проведенного анализа можно сделать вывод, что предлагаемое в данной ВКР решение обладает конкурентоспособностью.

### 4.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

2) Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенным образом снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов.

#### 4.1.4 SWOT-анализ

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

Таблица 4. 2. – Матрица SWOT

<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Простота технологии</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Наличие бюджетного финансирования</p> <p>С5. Недостаточность исследовательских проектов на базе исследовательского оборудования</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Нехватка рабочего персонала</p> <p>Сл2. Отсутствие оборудования для более углубленного исследования</p> <p>Сл3. Отсутствие оборудования для проверки продукта в условиях эксплуатации</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Сотрудничество с другими научными центрами</p> <p>В2. Финансирование зарубежных заказчиков</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p>	<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У2. Потеря заказчиков и партнеров</p> <p>У3. Появление новых конкурентов</p>

**Второй этап** состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта, описывающая связь сильных сторон проекта с возможностями представлена в таблице 3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблице 3.

Таблица 3. – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	-	+	+	-	0
	B2	-	-	-	-	0
	B3	0	-	-	-	0
	B4	-	-	-	+	0
Угрозы проекта	У1	-	-	-	-	-
	У1	-	+	-	-	-
Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3		
	B1	+	+	+		
	B2	+	-	-		
	B3	-	-	-		
	B4	-	-	-		
Угрозы проекта	У1	+	0	0		
	У1	-	-	-		

**Третий этап.** Составляется итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (таблица 4).

Таблица 4. –SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Простота технологии</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4. Наличие бюджетного финансирования</p> <p>С5. Недостаточность исследовательских проектов на базе исследовательского оборудования</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Нехватка рабочего персонала</p> <p>Сл2. Отсутствие оборудования для более углубленного исследования</p> <p>Сл3. Отсутствие оборудование для проверки продукта в условиях эксплуатации</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>В1. Сотрудничество с другими научными центрами</p> <p>В2. Финансирование зарубежных заказчиков</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на продукт</p>	<p>В2 и В3 будут способствовать С2 и С3. В4 станет возможно благодаря С4.</p>	<p>Сл1, Сл2 и Сл3 может быть ликвидировано за счет В1. Сл1 и Сл2 также может быть ликвидировано с помощью В2.</p>
<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Потеря заказчиков и партнеров</p> <p>У2. Появление новых конкурентов</p>	<p>С3 обеспечивает высокую конкурентоспособность чтобы противостоять У2</p>	<p>Сл1 может привести к нарушению сроков заказа и У1</p>



## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Представим линейный график выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 5.

Таблица 5. – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№ раб	Наименование	Продолжительность, дней	Исполнители
1	Составление и утверждение технического задания	4.6	Научный руководитель
2	Подбор и изучение материалов по теме	2.8	Инженер и дипломник
3	Выбор направления исследований	2.8	Все члены группы
4	Календарное планирование работ по теме	1.5	Инженер и дипломник
5	Используется для получения эффекта реакции простого пектина и низколегированной стали.	1.5	Инженер и дипломник
6	Используется для получения эффекта реакции простого пектина, легированного 10% ZnO , и у8а стали.	19.3	Инженер и дипломник
7	Получите результаты реакции пектина с низколегированной сталью.	4.9	Инженер и дипломник
8	Рассмотрим изменение состояния пектина.	9.9	Инженер и дипломник
9	Написание ВКР, подготовка к защите	40	Дипломник

На основании составленной табличной модели построим график Ганта (таблица 6).





График Ганта представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по разрабатываемому проекту представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работы.

Таблица 6. – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ раб	Исполнители	$T_{ki}$	Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Научный руководитель	4.6														
2	Инженер и дипломник	2.8														
3	Все члены группы	2.8														
4	Инженер и дипломник	1.5														
5	Инженер и дипломник	1.5														
6	Инженер и дипломник	19.3														
7	Инженер и дипломник	4.9														
8	Инженер и дипломник	9.9														

10	Дипломник	39.5																			
----	-----------	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

*Примечание*

	Научный руководитель		Все члены группы
	Инженер		Дипломник

По итогам планирования с помощью графика Ганта был установлен предполагаемый срок выполнения проекта – 105.4 дня.

### 4.3 Бюджет научно-технического исследования

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

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции (таблица 7).

Таблица 7. – Стоимость производства использования геля на основе яблочного пектина в качестве прототипа испытательной системы для оценки коррозионной стойкости металлов

Наименование	Итого затраты, руб.
Раствор Рингера	66
Оксид цинка	75
Хлорид калия	88
едкий натр	105
Азотная кислота	120
соляная кислота	122
Яблочный пектиновый	176

порошок	
Сталь низколегированная У8А	370
Итого	1122

В сумме материальные затраты составили 1122 рублей.

#### 4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает в себя основную заработную плату  $Z_{осн}$  и дополнительную заработную плату  $Z_{доп}$ :

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

Дополнительная заработная плата составляет 12-20 % от  $Z_{осн}$ .

Основная заработная плата работника:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

Где:  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых исполнителем проекта, раб. дн.;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}$$

Где:  $Z_M$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 28 раб. дней  $M=11$  месяцев, 5-дневная неделя;

при отпуске в 56 раб. дней  $M=10$  месяцев, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей проекта, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

Где:  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{тс}$ );

$k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок, принимаем 0,2;

$k_{р}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Дополнительная заработная плата:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

Где:  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,135).

Расчет заработной платы руководителя (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_M = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_{р} = 33664 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 65644,8 \text{руб.}; (2)$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_{д}} = \frac{65644,8 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 3282,24 \text{руб.}; (3)$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 3282,24 \cdot 6,13 = 20120,13 \text{руб.}; (4)$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,135 \cdot 20120,13 = 2716,22 \text{руб.}; (5)$$

Расчет заработной платы инженер (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_M = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_{р} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{руб.};$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_{д}} = \frac{33150 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1657,5 \text{руб.};$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1657,5 \cdot 51 = 84532,5 \text{руб.};$$

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,135 \cdot 84532,5 = 11411,89 \text{руб.};$$

Расчет заработной платы студента (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_M = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_{р} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{руб.};$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D} = \frac{33150 \cdot 11}{365 - 117 - 28} = 1657,5 \text{руб.};$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1657,5 \cdot 84 = 139230 \text{руб.};$$

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,135 \cdot 139230 = 18796,05 \text{руб.}$$

Таблица 8. – Расчет заработной платы работников

Исполнитель проекта	$Z_{тс}$ руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_M$ руб.	$Z_{дн}$ руб.	$T_p$ раб. дн.	$Z_{осн}$ руб.	$k_d$	$Z_{доп}$ руб.	Итого, руб.
руководитель	33664	0,3	0,2	1,3	65644,8	3282,24	6,13	20120,13	0,135	2716,22	22836,35
инженер	17000				33150	1657,5	51	84532,5		11411,89	95944,39
студент	17000				33150	1657,5	84	139230		18796,05	158026,05

#### 4.3.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} \times (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \times (20120,13 + 2716,22) = 6850,9 \text{руб (6)}$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} \times (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \times (84532,5 + 11411,89) = 28783,32 \text{руб}$$

– для студента:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} \times (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \times (139230 + 18796,05) = 47407,82 \text{руб}$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2021 году – 30%.

#### 4.3.4. Накладные расходы

Накладные расходы включают прочие затраты организации, которые не учтены в предыдущих статьях расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, интернета и т.д.

Накладные расходы

$$Z_{\text{нак}} = (\text{сумма статей } 1 \div 3) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (7)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, принимаем в размере 16%.

$$Z_{\text{нак}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{з}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16$$

$$Z_{\text{нак}} = (1122 + 276806.79 + 83042.04) \cdot 0,16 = 57755.33 \text{ руб.}$$

#### 4.3.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета на проект приведено в таблице 9.

Таблица 9. – Бюджет затрат на проектирование закалочной установки

Наименование	Сумма, руб.	В % к итогу
1. Материальные затраты проекта	1397	0.333377
2. Затраты по основной зарплате	243882.63	58.19961
3. Затраты по дополнительной зарплате	32924.16	7.856948
4. Отчисления во внебюджетные фонды	83042.04	19.81697
5. Накладные расходы	57755.332	13.7931
Бюджет затрат на проектирование	419001.162	100

Бюджет всех затрат проекта равен 419001.162 *рублей*. Наибольший процент бюджета составляют затраты по основной зарплате (58.19961%).

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

Определение ресурсоэффективности происходит на основе интегрального показателя ресурсоэффективности

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

Где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент проекта;

$b_i$  – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 10. – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Удобство эксплуатации	0,3	5
2. Легкость обслуживания	0,2	4
3. Долговечность	0,1	4
4. Энергоэкономичность	0,1	4
5. Материалоемкость	0,3	5
Итого	1	4,5

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 = 4,6 \quad (8)$$

#### 4.5 Выводы по разделу

В результате выполнения данного раздела проведен анализ конкурентоспособности и SWOT-анализ проекта, которые выявили его сильные и слабые стороны.

Произведено планирование проекта и построен график Ганта; по итогам был установлен предполагаемый срок выполнения проекта – 105.4 дня.

Бюджет затрат на реализацию проекта составил 419001.162 рублей.

Показатель ресурсоэффективности по пятибальной шкале  $I_p = 4,6$ , что говорит об эффективной реализации проекта.

На основании полученных результатов выявлено, что реализация данного проекта является экономически целесообразной.



## 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### Введение

Объектами исследования являются наночастицы оксида цинка и пектин в качестве защитного покрытия на стали. Исследование выполнялось в лаборатории Национального исследовательского Томского политехнического университета (ауд. 211, 15 корпуса), оснащённой оборудованием для проведения исследований в области материаловедения и технологии материалов.

Оценить безопасность разработки и использования наночастиц оксида цинка и пектина в качестве защитных покрытий для стали, в данном разделе ВКР необходимо рассмотреть правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности; основные потенциальные вредные и опасные факторы и способы снижения их воздействия; экологическую безопасность научного проекта, а также вопросы безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Используемое в работе оборудование и материалы, при несоблюдении техники безопасности, несут потенциальную опасность для здоровья работника, кроме того, на рабочем месте возможны различные чрезвычайные ситуации, например пожар, поэтому обнаружение вредных и опасных факторов и минимизация их воздействия на работника является важной задачей.

Данный раздел настоящей диссертации посвящен выявлению вредных и опасных факторов и поиску способов предотвращения их влияния на работника в процессе производства изделий сложной формы из металлических порошков методом квазиизостатического прессования.

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

Специальные правовые нормы трудового законодательства. Все работники и руководитель в соответствии с Российской Федерации от 30. 12. 200 № 197- ФЗ [20] обязаны проходить обучение по охране труда и проверку знания требований охраны труда для обеспечения профилактических мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

Исследование подразумевает взаимодействие с химически опасными веществами, такие условия труда относятся к вредным условиям. Регулирование рабочих процессов, выплат и предоставления дополнительных льгот работникам, занятым на вредных производствах, осуществляется статьями 219, 92, 117, 147 ТК РФ [20]. В частности, в соответствии с требованиями, изложенными в ст.147 ТК РФ, в 2017 году сотрудники обладают правом на получение доплат за труд во вредных условиях.

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

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

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

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

7

дней.

Компоновка рабочего места. Характер основной работы при выполнении ВКР предполагал оборудование рабочего места для проведения работ стоя. Согласно ГОСТ 12.2.032-78 [21] и ГОСТ 12.2.033-78 [22] рабочее место для выполнения работ стоя организуется в случае, когда выполняемая физическая работа является средней тяжести или тяжелой, а также в случае превышения величины рабочей зоны для сидячего рабочего места. Конструкция и взаимное расположение элементов на рабочем месте должны соответствовать характеру выполняемой работы, физиологическим и психологическим требованиям, а также обеспечивать удобство при работе (соответствовать антропометрии работника).

ГОСТ 12.2.032-78 [21] и ГОСТ 12.2.033-78 [22] установлены следующие требования для рабочего места стоя:

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

Так же ГОСТ 12.2.032-78 [21] и ГОСТ 12.2.033-78 [22]. Установлены требования к расположению на рабочем месте органов управления и средств отображения информации для более продуктивного выполнения операций, снижения травмоопасности и комфортной работы.

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

## **5.2 Производственная безопасность**

Исследование выполнялось в лаборатории Томского политехнического университета (ауд. 211, 15 корпуса). Для проведения исследования применяли низкоскоростную пилу, ультразвуковую ванну и т. д. Работа в данной лаборатории и оборудованием на ее базе связана с некоторыми вредными и опасными производственными факторами, подробное описание которых представлено далее. Вредные и опасные производственные факторы были определены из ГОСТ 12.0.003-2015 [23] (Опасные и вредные производственные факторы. Классификация).

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для

проектируемой производственной среды, представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1. - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб отка	Изгото вление	Эксплу атация	
1. Превышение уровня шума				ГОСТ 12.1.003-2014 [30] ГОСТ 12.1.029-80 [31] СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [32]
2. Отклонение показателей микроклимата				СанПиН 2.2.4.548-96 [33] ГОСТ 12.1.005-88 [34]
3. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека				ГОСТ 12.1.019-2017 [35] ГОСТ 12.1.038-82 [36]
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны				СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [37] СП 52.13330.2016 [38]
5. Чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания				СанПиН 2.2.4.548-96 [33] ГОСТ 12.1.005-88 [34] ГН 2.2.5.3532-18 [39] ГОСТ 12.1.007-76 [40] ГОСТ 12.4.011-89 [41]

### 5.3 Анализ вредных производственных факторов

*Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.*

Микроклимат характеризуется тремя основными параметрами, а именно, температурой воздуха, влажностью и скоростью движения воздушных масс. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений установлены в санитарных правилах и нормах СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [24].

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [24] работа при проведении исследований относится к категории Па, так как иногда приходится переносить предметы массой свыше 10 кг. Из этого следует, что в холодный

период года

Оптимальные значения показателей микроклимата должны соответствовать следующим значениям: температура воздуха 19-21°C, относительная влажность воздуха 60-40% и скорость движения воздуха 0,2 м/с. Для теплого периода года данные показатели составляют: температура воздуха 20-22 °С, относительная влажность воздуха 60-40% и скорость движения воздуха 0,2 м/с.

Оптимальные показатели микроклимата в лаборатории обеспечиваются за счет системы отопления, кондиционера и вентиляции.

*Недостаточная освещенность.* Лаборатория расположена на цокольном этаже, поэтому необходимая освещенность достигается за счет искусственного освещения люминесцентными лампами.

Плохие условия освещенности (низкая освещенность, недостаточная равномерность, помехи, отвлекающие внимание, дискомфортная блескость) приводят к снижению зрительной работоспособности, усталости центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания недостаточно четких или сомнительных сигналов, мышечной усталостью из-за неудобного положения, принимаемого в попытке разглядеть тот или иной объект. Локальные мышечные напряжения (в частности, шейных мышц) могут возникать также во время работы, при которой необходимо пользоваться микроскопом.

По нормам освещения и отраслевым нормам освещения в помещении при работе с ПК рекомендуется освещенность 300 - 500 лк, коэффициент пульсации 15-20%.

При недостаточной освещенности рабочего места необходимо увеличить число осветительных приборов либо использовать более яркие лампы.

*Отсутствие или недостаток естественного освещения.* Недостаток естественного света вызван расположением лаборатории на цокольном этаже. Отсутствие или недостаток естественного света приводит к дефициту

ультрафиолетового облучения, следствием чего является нарушение обмена веществ и снижение резистентности организма.

При комбинированном освещении для офисных помещений в С а н П и Н 2.2.4.548-96 [33] установлено значение КЕО равное 0,6.

Для уменьшения негативного воздействия на организм недостатка естественного света необходимо периодически (во время перерывов) покидать рабочее место и выходить в части здания, куда проникает естественный свет, или на улицу.

*Химически вредные вещества в воздухе рабочей зоны.* Химически опасным производственным фактором является порошок АМгб и порошок меди. Металлический порошок АМгб и порошок меди в биосредах, в опыте не дают острого токсического эффекта, их аэрозоли при длительном воздействии оказывают слабо выраженное фиброгенное действие. Кроме токсического действия микродисперсные порошки способны оказывать раздражающий эффект на органы дыхания.

Порошок АМгб относится к веществам 3-го класса опасности Г О С Т 12.1.019-2017 [25]. Его предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны производственных помещений (ПДК) 2 мг/м<sup>3</sup>.

Для обеспечения безопасности персонала на производствах по получению ультрадисперсных порошков и пудр, а также в местах исследования таких порошков, для создания чистого помещения осуществляются технический контроль, очистка воздуха и воды, а персонал пользуется средствами индивидуальной защиты (респираторы, халаты, перчатки) согласно С а н П и Н 2.2.1/2.1.1.1278-03 [26] .

#### **5.4 Анализ опасных производственных факторов**

*Механические опасности.* Основным источником механической опасности в рабочей зоне является гидравлический пресс IP-500М авто. Пресс, способный создавать высокую нагрузку, является опасным фактором производства. Подвижные части пресса и осколки сломавшейся под давлением прессовой оснастки способны нанести серьезный урон здоровью человека:

царапины, ушибы, переломы костей.

Согласно С П 52.13330.2016 [27] машины и механизмы имеющие подвижные части, способные нанести вред здоровью человека, должны быть оснащены защитными или предохранительными устройствами. В нашем случае пресс оснащен подвижным защитным кожухом, но данная защитная мера ограничивает видимость процесса прессования. В случае, когда наблюдение за процессом прессования необходимо, должны использоваться индивидуальные средства защиты лица и глаз, соответствующие требованиям СП 52.13330.2016 [27]. Безопасные расстояния для предохранения верхних конечностей от попадания в опасную зону указаны в С а н П и Н 2.2.1/2.1.1.1278-03 [26]. Для используемого в работе пресса, в данном нормативном акте установлено расстояние равное 1,4 м при высоте защитного ограждения 1м.

Кроме того, для предотвращения вышеперечисленных опасностей, связанных с использованием пресса, необходимо соблюдать правила безопасности при работе с пресс-формами:

- до установки пресс-формы в пресс, необходимо убедиться, что плоскости верхней и нижней плит пресса параллельны друг другу;
- устанавливать пресс-форму в пресс так, чтобы плоскость пуансона и плиты пресса были параллельны друг другу;
- величина давления не должна превышать предел прочности используемой пресс-формы;
- не рекомендуется использовать слишком высокую скорость нагрузки или резко снижать давление на пресс-форму;
- не следует помещать конечности, волосы, части одежды между подвижными элементами пресс-формы или пресс-формой и плитой пресса;

*Термические опасности. нет*

*Электробезопасность.* В ходе выполнения работы были использованы следующие электроприборы: электронный микрометр, электронные весы. Все

это приборы при неправильной эксплуатации или обслуживании несут опасность поражения электрическим током.

Согласно С а н П и Н 2.2.4.548-96 [28] на производстве для обеспечения электробезопасности должны быть приняты следующие защитные меры:

- защитные оболочки;
- защитные барьеры;
- безопасное расположение токоведущих частей;
- изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную);
- изоляцию рабочего места;
- малое напряжение
- защитное отключение.

Для защиты от поражения электрическим током при прикосновении к токоведущим частям согласно ГОСТ 12.1.005-88 [27] электроприборы должны быть заземлены или занулены.

При работе с электроприборами должны соблюдаться «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», установленные Г Н 2.2.5.3532-18 [29]. Все лица, приступающие к работе с электрооборудованием, должны проходить инструктаж на рабочем месте, к самостоятельной работе допускаются лица, прошедшие проверку на знание техники безопасности.

*Пожаровзрывобезопасность.* Помещение лаборатории по степени пожароопасности относится к классу П-2, так как в нем присутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии.

Согласно приложению ГОСТ 12.1.007-76 [30], ГОСТ 12.4.011-89 [31] в целях обеспечения пожарной безопасности в лаборатории запрещено:

- курить;
- пользоваться неисправными электронагревательными приборами;
- использовать временную электропроводку, удлинители,



- переноски для питания приборов;
- перегружать электрическую сеть;
- скручивать, завязывать электрические провода;
- хранить пожароопасные материалы ЛЖВ;
- оставлять выключенным свет, компьютеры и другие электроприборы.

### **5.5 Экологическая безопасность**

Эксперимент по изучению наночастиц оксида цинка и пектина в качестве защитных покрытий на стали включал добавление наноксида цинка на у8а.

Одной из потенциальных опасностей для воздуха при приготовлении и покрытий ZnO может быть диффузия порошка ZnO в воздухе. Средствами защиты являются очистка вредных выбросов в специальных аппаратах (циклоны, фильтры и т. п.) и рассеивание очищенных выбросов в воздухе. Выбросы порошка, появляющиеся при проведении исследования, не превышают ПДК [32].

Для проведения исследования применяются шлифовальная установка, в ходе работы которых с целью понижения температуры образца используется вода. При этом вредные вещества могут попадать в почву и в воду. Большое количество вредных веществ в воде вредно для людей, животных и растений. Количество отходов, попадающих при исследовании в воду, не превышает ПДК [33].

В процессе проведения исследования образуются твёрдые отходы: наждачная бумага и образцы. Попадание порошковых материалов в почву может стать причиной изменения её состава, что отрицательно влияет на находящиеся там живые организмы. Утилизация вредных твёрдых отходов должна осуществляться в соответствии с действующим законодательством.

Таким образом, проведение исследования безопасно для атмосферы, гидросферы и литосферы.

### **5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации являются опасными событиями или явлениями,

нарушающими безопасность жизнедеятельности.

Выделяют два вида основных причин возникновения чрезвычайных ситуаций:

1) внешние – стихийные бедствия, сильные морозы зимой, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов и т. д.;

2) внутренние – сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина и т. п.

Поскольку в области, где расположена исследовательская лаборатория, зимой бывает сильный мороз, из-за этого может привести к внезапному прекращению работы экспериментального оборудования. В такой аварийной ситуации вызывают технические проблемы, такие как короткое замыкание в цепи.

Чтобы предотвратить пожар в лаборатории, требуется соблюдение правильного теплового и электрического режима работы оборудования. Все сотрудники лаборатории должны знать необходимые правила пожарной безопасности. Средства для тушения пожара необходимо содержать в должном состоянии на видном месте (Рис 5.1).

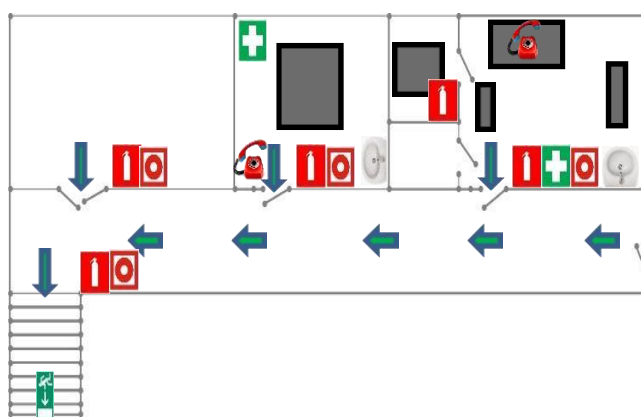


Рисунок 5.1 - План эвакуации

Если в лаборатории возник пожар, то после ликвидации пожара формируют комиссию, определяющую возможность дальнейшего

использования лабораторного оборудования, которое проверяют на соответствие требованиям пожарной безопасности. При отсутствии повреждений возможно продолжение работ [33].

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

1. При выходе из помещения, убедиться, что за дверью нет пожара, приложив руку к двери или к металлической ручке, если они горячие, то ни в коем случае не открывайте дверь. Если основной выход заблокирован пожаром, постарайтесь покинуть помещение через окна. Если нет возможности выйти через окна необходимо плотно заткнуть все щели вокруг двери влажными тряпками, укрыться смоченными водой покрывалами или намочить одежду, при наличии большого количества воды постоянно поливать дверь. Постарайтесь по средствам связи сообщить о своем местоположении. При задымлении необходимо лечь на пол и дышать сквозь намоченную ткань, дожидаясь спасения.

2. Когда есть возможность покинуть помещение, необходимо организованно двигаться к аварийному выходу, согласно плану эвакуации (рисунок 1), избегая при этом огня и сильного задымления. При наличии дыма, двигайтесь на четвереньках, прикрывая дыхательные пути влажной тканью. Плотно закрывайте за собой двери, чтобы замедлить распространение пожара. При невозможности пройти к эвакуационному выходу, используйте для выхода окна или лазы на крышу, привлекайте к себе внимание, чтобы вас заметили и спасли. При выходе из помещения сразу сообщите об этом ответственным лицам.

3. Если очаг возгорания возник непосредственно на вашем рабочем месте, первым делом вызовете пожарную службу и самостоятельно начните тушение огня с помощью имеющихся в помещении противопожарных средств. При возгорании электроприбора, перед тушением, необходимо его обесточить и накрыть покрывалом, ограничив доступ к огню кислорода. При отсутствии покрывала тушите с помощью огнетушителя или водой, однако это

может повредить не вышедшие из строя в результате пожара элементы прибора.

### **5.7 Выводы по разделу**

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

В результате раздела «Социальная ответственность» были проанализированы основные вредные и опасные факторы, которые могут возникать в процессе исследований в лаборатории, при разработке и эксплуатации проекта. Также проанализированы природные и технические чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть в лаборатории. Для предотвращения чрезвычайных ситуаций были разработаны превентивные.

Меры, а также разработаны процедуры для обработки чрезвычайных ситуаций. В результате проведенных исследований в рамках раздела

Правовые нормы «социально-ответственного» трудового законодательства изучены при изучении наночастиц оксида цинка и пектина в качестве защитных покрытий на стали.

Также проанализированы основные вредные и опасные факторы, которые могут возникать в процессе исследований в лаборатории, при разработке и эксплуатации проекта, как: показателей микроклимата, уровень шума, освещенность рабочей зоны, значения опасности электрической цепи, потенциальные опасности пожара. Были описаны мероприятия по снижению уровней воздействия данных факторов.

Рассмотрен характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. В процессе выполнения исследования было выявлено, то что микропорошок и отходы, полученные в ходе исследований не оказывали

влияние на гидросферу и литосферу. Во избежание загрязнения окружающей среды отходы утилизируются в строгом соответствии с соответствующими документами.

Проанализированы природные и технические чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть в лаборатории. Для предотвращения чрезвычайных ситуаций были разработаны превентивные меры, а также разработаны процедуры для обработки чрезвычайных ситуаций.

## ВЫВОДЫ

1. В результате гравиметрических испытаний в смеси  $\text{HNO}_3\text{--HCl}$  установлено, что сталь У8А, обработанная водной суспензией НЧ ZnO (0,1% масс.), НЧ с пектином медленнее теряет массу по сравнению с необработанной поверхностью **в 5,4 и 7,9 раз**, соответственно.
2. На основании потенциометрических измерений в растворах разбавленных электролитов продемонстрировано, что водные суспензии НЧ ZnO и НЧ ZnO с пектином, позволяют увеличить электродный потенциал стали У8А **в 1,36 и 1,43 раза** в кислой среде, **в 1,14 и 1,19 раза** в щелочной среде, соответственно.
3. Показана эффективность применения ингибитора коррозии на основе НЧ ZnO с пектином при испытании стали У8А в смеси  $\text{HNO}_3\text{--HCl}$  и атмосфере солевого туман (75 % NaCl).

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев В. П. Электрохимическая коррозия металлов // Соровский образовательный журнал. – 2000. – Т. 6. – С. 54–58.
2. Kazuhira A. Application of AC resistmetry to monitoring of localized corrosion of iron // The Journal on Enviromental Degradation of Materials and its Control. – 2002. – Vol. 44. – P. 1329-1341.
3. Akpanyung K., Loto R. Pitting corrosion evaluation: a review // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1378. – P. 357-368.
4. Burson-Thomas C., Wood R. Developments in erosion–corrosion over the past 10 years // Journal of Bio Tribo Corrosion. – 2017. – P. 1-14.
5. Eliezer D. High-temperature hydrogen attack of carbon steel // Journal of Material Science. – 1981. – Vol. 16. – P. 2962-2966.
6. Шипигузов И. А., Колесова О. В., Вахрушев В. В., Казанцев А. Л., Пойлов В. З. Современные ингибиторы коррозии // Химическая технология и биотехнология. – 2016. – С. 114-128.
7. Sushmitha Y., Rao P. Electrochemical Investigation on the Acid Corrosion Control of Mild Steel using Biopolymer as an Inhibitor // Portugaliae Electrochimica Acta. – 2020. Vol. 38. – P. 149-163.
8. Soylev T. A., Richardson M. G., Corrosion inhibitors for steel in concrete: State-of-the-art report // Construction and Building Materials. – 2008. – Vol. 22. – P. 609-622.
9. Jain P., Patidar B., Bhawsar J. Potential of nanoparticles as a corrosion inhibitor: Review // Journal of Bio- and Tribo-Corrosion. – 2020. – Vol 6. – P. 43-60.
10. Alrefaee S., Rhee K., Verma C., Quraishi M., Ebenso E. Challenges and advanteges of using plant extract as inhibitor in modern corrosion inhibition systems: Recent advantages // Journal of Molecular liquids. – 2021. – Vol. 321. – P. 114666-144670.
11. Бессараб О. В., Платонова Т. Ф. Использование пищевых добавок для повышения качества и безопасности фруктовых консервов // Вестник ВГУИТ –

---

2018. – Т. 80. – С. 170-176.

12. Grassino A. Utilization of tomato peel waste from canning factory as a potential source for pectin production and application as tin corrosion inhibitor. / J. Halambek, S. Djakovi, S. Brncic, M. Dent, Z. Grabari // *Food Hydrocolloids*. – 2016. – Vol. 52. – P. 265-274.

13. Fares M. Pectin as promising green corrosion inhibitor of aluminum in hydrochloric acid solution / A. Maayta, M. Al-Qudah // *Corrosion Science*. – 2012. – Vol. 60. – P. 112-117.

14. Umoren S. Performance evaluation of pectin as ecofriendly corrosion inhibitor for X60 pipeline steel in acid medium: Experimental and theoretical approaches / I. Obot, A. Madhankumar, Z. GasemCentre // *Carbohydrate Polymers*. – 2015. – Vol. 124. – P. 280-291.

15. Saidi N., Elmsellem H., Ramdani M., Chetouani A., Azzaoui K., Yousfi F., Aouniti A., Hammouti B. Using pectin extract as eco-friendly inhibitor for steel corrosion in 1M HCl media // *Der Pharma Chemica*. – 2015. – Vol. 7. – P. 87–94.

16. Umoren S. Effect of addition of CeO<sub>2</sub> nanoparticles to pectin as inhibitor of X60 steel corrosion in HCl medium / A. Madhankumar // *Journal of Molecular Liquids*. – 2016. – Vol. 224. – P. 72-82.

17. Риянова Э. Э., Кострюкова Н. В. Получение пектина из свекловичного жома // *Международный научно-исследовательский журнал* – 2018. – Т. 58. – С. 160-164.

18. Abou-Elseoud W. Enzyme- and acid-extracted sugar beet pectin as green corrosion inhibitors for mild steel in hydrochloric acid solution. / A. Abdel-karim, E. Hassan, M. Hassan // *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*. – 2021. – Vol. 2. – P. 10060-10072.

19. Chen H., Fu X., Luo Z. Effect of molecular structure on emulsifying properties of sugar beet pulp pectin // *Food Hydrocolloids*. – 2016. – Vol. 54. – P. 99-106.



---

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

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

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

23. Влияние шума на организм человека [Электронный ресурс] // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Карачаево-Черкесской республике. – 2011. – URL: <http://09.rospotrebnadzor.ru/content/vliyanie-shuma-na-organizm-cheloveka> (дата обращения: 01.11.2021).

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

25. Микроклимат на рабочем месте [Электронный ресурс] // Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Кемеровской области – Кузбассу. – 2016. – URL: <http://42.rospotrebnadzor.ru/content/874/54136/> (дата обращения: 15.11.2021).

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

27. Мушников, В. С. Условия труда работающих: влияние нагревающего микроклимата промышленных помещений на организм человека: Методическая разработка / В. С. Мушников, В. В. Вьюхин, В. И. Лихтенштейн, Л. Г. Турчанинов. – Екатеринбург: УрФУ, 2019. – 22 с.

28. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (дата введения: 01.01.1977).

29. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (утв. Постановлением № 2 от 28 января 2021 г.).

---

30. ГОСТ 12.4.011-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация (дата введения: 01.07.1990).

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

32. Назаренко, О. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 144 с.

33. Куликов, Г. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебник / Г. Б. Куликов. – М.: МГУП, 2010. – 408 с.