

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

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
НОЦ Н.М. Кижнера

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка состава антикоррозионного покрытия с применением неорганических компонентов

УДК 620.197.6:546

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМОЗ	Мощенко Екатерина Михайловна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Хабас Тамара Андреевна	д.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.т.н.		

По разделу «Иностранный язык»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Евсеева Арина Михайловна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
18.04.01 Химическая технология	Казьмина Ольга Викторовна	д.т.н, профессор		

Томск – 2022 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ
ПО ООП 18.04.01 ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

Код компетенции	Результат обучения (выпускник должен обладать)
<i>Универсальные компетенции</i>	
УК(У)-1	способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	способен управлять проектом на всех этапах жизненного цикла
УК(У)-3	способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(-ых) языке(-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
ОПК(У)-1	готовность к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	готовность руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОПК(У)-3	способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки
ОПК(У)-4	готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез
ОПК(У)-5	готовность к защите объектов интеллектуальной собственности и коммерциализации прав на объекты интеллектуальной собственности
<i>Профессиональные компетенции</i>	
ПК(У)-1	способность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок, разрабатывать задания для исполнителей
ПК(У)-2	готовность к поиску, обработке, анализу, систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик, средств решения задачи
ПК(У)-3	способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты
ПК(У)-4	готовность к решению профессиональных производственных задач - контролю технологического процесса, разработке норм выработки, технологических нормативов на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, к выбору оборудования и технологической оснастки
ПК(У)-5	готовность к совершенствованию технологического процесса - разработке мероприятий по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства, к исследованию причин брака в производстве и разработке предложений по его устранению
ПК(У)-6	способность к оценке экономической эффективности технологических процессов,

Код компетенции	Результат обучения (выпускник должен обладать)
	оценке инновационно-технологических рисков при внедрении новых технологий
ПК(У)-7	способность оценивать эффективность новых технологий и внедрять их в производство
<i>Профессиональные компетенции университета</i>	
ДПК(У)-1	готовность к разработке учебно-методической документации для реализации образовательных программ

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

Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
НОЦ Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ 24.01.22 Казьмина О.В.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4-ГМ-03	Мощенко Екатерина Михайловна

Тема работы:

Разработка состава антикоррозионного покрытия с применением неорганических компонентов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 20-20/с от 20.01.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане</i>	Объектами исследования являются антикоррозионные покрытия с применением неорганических компонентов. Цели работы: получение антикоррозионного покрытия с применением неорганических компонентов. В процессе выполнения работы проводились исследования адгезионной прочности и устойчивости к климатическим факторам. Используемые материалы пожаро и взрыво безопасны.
---	---

безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор литературных источников; 2. Постановка цели и задач исследования; 3. Методы исследований; 4. Экспериментальные исследования; 5. Обсуждение результатов 6. Заключение по работе
Перечень графического материала	Презентация в MS PowerPoint: - Характеристика исходного сырья; - Результаты экспериментов; - Выводы по работе.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор. 2. Методы исследования 3. Экспериментальная часть 	Профессор, д.т.н. Хабас Тамара Андреевна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к.э.н. Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Доцент, к.т.н. Антонец Ольга Алексеевна
Иностранный язык	Евсеева Арина Михайловна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Методы исследования и исходные материалы	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24.01.2022
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Хабас Т.А.	д.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ03	Мощенко Екатерина Михайловна		

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

Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) 18.04.01. Химическая технология
 Уровень образования Магистр
 НОЦ Н.М. Кижнера
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2021/2022 учебного года)

Форма представления работы:

Выпускная квалификационная работа магистра

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающегося:

Группа	ФИО
4ГМ03	Мощенко Екатерина Михайловна

Тема работы:

Разработка состава антикоррозионного покрытия с применением неорганических компонентов

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела
06.06.2020	Основная часть	75
07.06.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
08.06.2020	Социальная ответственность	10
05.06.2020	Обязательное приложение на иностранном языке	15

СОСТАВИЛ: Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Хабас Т.А.	Д.т.н., профессор		

СОГЛАСОВАНО: Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Казьмина О.В.	Д.т.н, профессор		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ03	Мощенко Екатерина Михайловна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
4ГМ03	Мощенко Екатерина Михайловна

Школа	ИШНПТ	Отделение	НОЦ Н.М.Кижнера
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Химическая технология

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

Разработка водно-дисперсионного состава на основе связующих – сополимеров, растворенных в воде с повышенной адгезией к холоднокатаному металлу для применения в комплексных покрытиях на железнодорожном подвижном составе

Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта

2. Планирование и формирование бюджета разработки

Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования

3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки

Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет проекта
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ03	Мощенко Екатерина Михайловна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
4ГМ03		Мощенко Екатерина Михайловна	
Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	18.04.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Разработка состава антикоррозионного покрытия с применением неорганических компонентов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

Объект исследования: состав антикоррозионного покрытия
Область применения: антикоррозионные системы покрытий железнодорожных составов
Рабочая зона: лаборатория
Размеры помещения, климатическая зона*: 30м²
Количество и наименование оборудования рабочей зоны: весы лабораторные, диссольвер лабораторный, шкаф сушильный, микроскоп электронный, краскопульт.
Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: смешивание, окрашивание, сушка, анализ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 16.12.2019)
 Федеральный закон от 17.07.2013 г. № 181 – ФЗ «Об основах охраны труда в РФ»
 ГОСТ 12.3.005-75 Система стандартов безопасности труда. Работы окрасочные. Общие требования безопасности.
 ГОСТ 12.4.021-75 Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные. Общие требования
 ГОСТ 12.2.033-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования
 Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях (общие положения). Методические рекомендации. ПНД Ф 12.13.1-03
 ФЗ №116 «О промышленной безопасности на опасных производственных объектов»

2. Производственная безопасность при разработке проектного решения

Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов

- Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора

Вредные факторы:
 повышенный уровень шума,
 недостаток необходимого естественного и искусственного освещения,
 умственное перенапряжение,
 аномальные микроклиматические параметры воздушной среды: температурой и относительной влажностью воздуха, скоростью движения (подвижностью) воздуха относительно тела работающего;
Опасные факторы:
 вещества, обладающие острой токсичностью по воздействию на организм,
 вещества, представляющие опасность при аспирации, неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов;
 факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов.
 Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: коллективная: вытяжки, вентиляция, освещение, не менее 200 лк, нормированный график труда и отдыха; индивидуальные

	средства защиты: маски, респираторы, спецодежда, перчатки.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	<p><u>Воздействие на селитебную зону:</u> не выявлено воздействия</p> <p><u>Воздействие на литосферу:</u> не выявлено воздействия</p> <p><u>Воздействие на гидросферу:</u> загрязнение водотоков в результате промывки оборудования, лабораторной посуды в канализационную сеть микродисперсными порошками</p> <p><u>Воздействие на атмосферу:</u> выбросы паров гликолевых эфиров</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	<p><u>Возможные ЧС:</u> техногенные аварии, связанные с возникновением пожара в помещении лаборатории и авария электроэнергетических систем в помещении лаборатории.</p> <p><u>Наиболее типичная ЧС:</u> возникновение пожара, как наиболее типичная ЧС, вследствие несоблюдения правил технической безопасности.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
02.03.2022	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	Кандидат биологических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4ГМ03	Мощенко Екатерина Михайловна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 141 страницах, содержит 33 рисунков, 59 таблиц и 2 приложения. Литературных источников – 54.

Ключевые слова: антикоррозионные покрытия, неорганические наполнители, адгезионная прочность.

Объектами исследования являются водно-дисперсионные антикоррозионные покрытия с применением неорганических компонентов.

Целью работы было получение антикоррозионного покрытия металлических поверхностей с высокой адгезионной прочностью.

В процессе выполнения работы проводились исследования влияния добавок минералов и нанотрубок на адгезионную прочность и устойчивость покрытия к агрессивным средам и климатическим факторам.

В результате исследования было установлено, что показатели адгезии покрытия к металлической поверхности увеличиваются при добавлении в состав наполнителей силикатных соединений – талька и слюды от 1,8 до 3 – 4 МПа. Практически все исследованные добавки повышают стойкость покрытий к статическому воздействию воды. Отсутствием отслаивания, сморщивания, потери блеска характеризуются образцы с введением 15 - 20% слюды и талька. 5 -15% волластонита и все образцы с добавкой нанотрубок.

Степень внедрения: НИОКР.

Область применения: технология изготовления воднодисперсионных покрытий для антикоррозионной защиты металлических деталей, изделий и конструкций.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ЛКМ – лакокрасочные материалы

ЛКП – лакокрасочное покрытие

РФА – рентгенофазовый анализ

нм – нанометр

мкм - микрометр

НТП – научно-технический проект

НТИ – научно-техническое исследование

НТЦ – научно-технический центр

ЧС – чрезвычайная ситуация

СанПиН – санитарные правила и нормы

ГОСТ – государственный стандарт

ФЗ – федеральный закон

Оглавление

Введение	16
Обзор литературы	17
1.1 Виды коррозии металлов, способы защиты	17
1.2 Антикоррозионные грунтовки. Типы, основные характеристики и свойства	19
1.2.1 Изолирующие грунтовки	21
1.2.2 Пассивирующие грунтовки	22
1.2.3 Фосфатирующие грунтовки	22
1.2.4 Протекторные грунтовки	23
1.2.5 Грунтовки – преобразователи ржавчины	23
1.3 Наполнители. Свойства, характеристики и роль в рецептуре ЛКМ22	24
1.3.1 Карбонаты как наполнители ЛКМ	26
1.3.2 Силикаты как наполнители лакокрасочных материалов	27
1.3.3 Сульфаты как наполнители лакокрасочных материалов	29
1.3.4 Углеродные наноматериалы	30
2 Методы исследования и исходные материалы	32
2.1 Методы исследований	32
2.1.1 Стойкость к воздействию климатических факторов	32
2.1.2 Стойкость к статическому воздействию жидкостей	33
2.1.3 Определение адгезии	34
2.1.3.1 Определение адгезии, методом решетчатых надрезов	34
2.1.3.2 Определение адгезии, методом отрыва	35
2.1.4 Определение степени перетира	37
2.1.5 Рентгенофазовый анализ	39
2.1.6 Растровая электронная микроскопия	40
2.2 Характеристика сырьевых компонентов	41
2.2.1 Карбонат кальцит	42
2.2.2 Волластонит	43

2.2.3 Тальк	44
2.2.4 Слюда	45
2.2.5 Углеродные нанотрубки	45
2.3 Технологическая схема производства лакокрасочных материалов на водной основе	47
3 Экспериментальная часть	48
3.1 Подготовка образцов	48
3.2 Растровая электронная микроскопия	51
3.3 Рентгенофазовый анализ исходных материалов	54
3.3.1 РФА кальцита	54
3.3.2 РФА слюды	56
3.3.3 РФА волластонита	57
3.3.4 РФА талька	58
3.3.5 РФА нанотрубок	59
3.4 Исследование физико-механических свойств	60
3.5 Исследование стойкости образцов к статическому воздействию жидкостей	64
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	68
4.1 Предпроектный анализ	69
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	69
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	69
4.1.3 SWOT-анализ	71
4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	73
4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	76
4.2 Инициация проекта	76
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом	78

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта	78
4.3.2 План проект	79
4.4 Бюджет научного исследования	81
4.4.1 Организационная структура проекта	88
4.4.2 План управления коммуникациями проекта	88
4.4.3 Реестр рисков проекта	88
4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	89
4.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования	89
4.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования	94
5 Социальная ответственность	98
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	98
5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства	99
5.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	99
5.2 Производственная безопасность	100
5.2.1 Повышенный уровень шума	101
5.2.2 Недостаток необходимого естественного и искусственного освещения	103
5.2.3 Умственное перенапряжение	106
5.2.4 Аномальные микроклиматические параметры воздушной среды: температурой и относительной влажностью воздуха, скоростью движения (подвижностью) воздуха	106
5.2.5 Производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека	107
5.2.6 Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	108
5.2.7 Факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, включая действие высоковольтного	

разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов	109
5.3 Экологическая безопасность	110
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	111
Выводы	113
Список литературы	114
Приложение А	118
Приложение Б	136

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время к лакокрасочным материалам предъявляются высокие требования к безопасности и охране окружающей среды. На данный вид продукции накладываются ограничения на содержание растворителей и токсичных летучих органических компонентов. Это стимулирует разработку рецептур лакокрасочных материалов, которые могли бы обеспечить антикоррозионную защиту металлических конструкций и при этом не наносить урон окружающей среде.

Высокие эксплуатационные характеристики и экологичность водно-дисперсионных материалов, способствуют тому, что данные материалы приобретают большую популярность во всем мире, вытесняя с рынка лакокрасочную продукцию на органической основе. Применение в качестве связующего сополимеров, растворенных в воде, позволяет материалам быть практически безвредными для природы и человека. Они пожаробезопасны, что в настоящее время является одним из важных факторов при выборе лакокрасочного материала.

Для повышения защитных свойств и адгезионной прочности между обрабатываемой поверхностью и финишным покрытием применяются различные промежуточные покрытия и грунты.

Цель работы: получение антикоррозионного покрытия с применением неорганических компонентов.

Задачи исследования:

- 1) разработка антикоррозионных составов на основе минеральных наполнителей;
- 2) определение адгезионной прочности и стойкости к климатическим факторам.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Виды коррозии металлов, способы защиты

Большинство металлов и их сплавов в результате воздействия химически активных веществ или атмосферных агентов более или менее быстро разрушается. Процесс разрушения металла на воздухе протекает значительно быстрее, если атмосферный воздух загрязнен промышленными газами, содержащими обычно окислы азота, сернистый газ, пары кислот и другие примеси. Разрушение металла может быть вызвано также и электрохимическими процессами. Разрушение металла, происходящее в результате атмосферных воздействий, действия химически активных веществ или электрохимических процессов, называется коррозией [1].

Коррозия является процессом химического или электрохимического взаимодействия металлов с коррозионной средой. Химической коррозией называют процесс самопроизвольного разрушения металлов при их взаимодействии с сухими газами или жидкими неэлектролитами, которые обуславливаются законами химических реакций. Между металлом и сухими газами (воздухом, газообразными продуктами горения топлива) при высоких температурах [54] происходит газовая химическая коррозия. При низких температурах так же возможна газовая реакция, главным условием должно быть отсутствием конденсирующей жидкости на поверхности металла, которая могла бы проводить электрический ток [48]. При взаимодействии металла с жидкостями, не проводящими электрический ток (нефть, нефтепродукты, расплавленная сера), происходит [54] химическая коррозия в неэлектролита [54].

Электрохимической коррозией называют процесс взаимодействия металла с коррозионной средой, при которой ионизация атомов металла и восстановление окислительного компонента среды протекает постадийно, их скорости зависят от электродного потенциала металла.

Любой процесс коррозии начинается на поверхности металла при действии корродирующего агента. Основным способом борьбы с возникновением коррозии является изоляция окрашиваемой поверхности от действия корродирующего агента. Такой эффект возможен при применении материалов с лакокрасочной пленкой не проницаемой для коррозионной среды [1].

Широко практикуется применение покрытия металла другими металлами. Различают анодные и катодные покрытия. Окраска в таких случаях проходит или в гальванических ваннах, с использованием постоянного тока или в печах, при высоких температурах [13].

Преимуществами лакокрасочных покрытий перед металлическими являются:

- разнообразие ассортимента лакокрасочных материалов, дающий выбор материала для любых условий применения;
- высокая эластичность покрытия, защитная пленка позволяет реагировать на перепады температуры без разрушения декоративного слоя;
- меньшая стоимость и отсутствие сложных технологических схем окрашивания;
- антикоррозионные покрытия экологически безопасны благодаря водно – дисперсионной среде.

В связи с этим лакокрасочные материалы более распространены для защиты металлов, чем другие способы [1].

Основная защитная функция в лакокрасочных покрытиях выполняется противокоррозионными грунтовками. Их действие определяется типом и содержанием пигментов и минеральных наполнителей.

1.2 Антикоррозионные грунтовки. Типы, основные характеристики и свойства

Грунтовка – это суспензия пигмента или смеси пигментов с наполнителями в пленкообразующем веществе, образующая после высыхания непрозрачную однородную пленку с хорошей адгезией к окрашиваемой поверхности, предназначенная для повышения защитных свойств систем покрытий [4].

Антикоррозионная грунтовка – это грунтовка, наносимая на металлические поверхности для защиты от возникновения и развития коррозионных процессов и обеспечения повышения адгезии покрывных слоев лакокрасочных материалов к окрашиваемой поверхности [4].

Существуют несколько видов грунтовок, в зависимости от механизма действия: изолирующие или барьерные и химически активные (пассивирующие, фосфатирующие, протекторные, грунтовки- преобразователи ржавчины).

Действие грунтовок, их механизм в большей степени зависит от природы пленкообразователя, пигментов, наполнителей и компонентов рецептуры [4].

Полиуретаны на водной основе (WPU) имеют большое значение в промышленности в качестве клеев и покрытий из-за ограниченного использования органических растворителей в их рецептурах. Однако одним из основных недостатков этих составов является их высокая гидрофильность, поэтому для решения этой проблемы в мягкий сегмент вводятся силоксановые группы. Таким образом, синтез полиуретановых дисперсий с различным соотношением полиолов (поли-ε-капролактона (ПКЛ) и полидиметилсилоксана (ПДМС)) осуществляется по ацетоновому процессу в три стадии: синтез полиуретана, водное диспергирование полимера и удаление ацетона. Реакции контролируются с помощью инфракрасной спектроскопии (FTIR), а размер частиц определяли с помощью динамического светорассеяния (DLS). Для характеристики полиуретанов используется дифференциальная сканирующая

калориметрия (ДСК), термогравиметрический анализ (ТГА), эксклюзионную хроматографию (ЭХ) и протонный ядерно-магнитный резонанс (^1H ЯМР). Введение силоксана в качестве мягкого сегмента увеличивает шероховатость и гидрофобность поверхности, но не изменяет показателей адгезии [50].

Вододиспергируемые полианилиновые (ПАНИ)/монтмориллонитовые (ММТ) глинистые композиты, легированные полистиролсульфоновой кислотой (PSSA), были впервые синтезированы путем интеркаляционной полимеризации в водной среде и охарактеризованы методами XRD и FT-IR. Результаты показали, что расслоенные силикатные нанослои глины ММТ диспергированы в матрице ПАНИ и имеют взаимодействие, включающее водородные связи между цепью PSSA-ПАНИ и поверхностью слоя глины ММТ. Эти композиты более термически стабильны, чем образцы без глины, и обеспечивают хорошую стабильную температурно-зависимую проводимость на постоянном токе [$\sigma_{dc}(T)$] при изменении температуры. Композиционные антикоррозионные покрытия ПАНИ/ММТ и водоразбавляемой эмульсии эпоксидной смолы (ЭП) готовят смешением в водной среде и применяют для защиты от коррозии низкоуглеродистой стали. Потенциал холостого хода (ОСР), спектроскопия электрохимического импеданса (EIS) и график Тафеля показывают, что композитные покрытия ПАНИ/ММТ/ЭП обладают лучшими антикоррозионными свойствами, чем смеси ПАНИ/ЭП, ММТ/ЭП и смеси ПАНИ/ММТ/ЭП. Его коррозионный потенциал выше, а плотность тока коррозии ниже. Антикоррозионные покрытия экологически безопасны благодаря водно-дисперсионной среде [51].

Полианилин (ПАНИ) синтезированный методом химической окислительной полимеризации в сочетании с другими антикоррозионными пигментами на основе эпоксидной смолы бисфенольного типа, отвержденную отвердителем на основе полиамина показал, что комбинация ПАНИ + $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ повышает антикоррозионную эффективность органических

покрытий. Оба этих пигмента имеют кислый рН водного экстракта, что может привести к очень высокой антикоррозионной эффективности [52].

Антикоррозионные покрытия, включающие легированный полианилин, восстановленный оксид графена (ВОГ) и модифицированный глинистый натрий-монтмориллонит (Na-ММТ) в эпоксидной смоле значительно повышают антикоррозионные свойства покрытия. Установлено, что при одинаковых соотношениях частей антикоррозионные свойства ВОГ выше, чем антикоррозионные свойства Na-ММТ. По тесту Тафеля ток коррозии синтезированного нанокompозита составляет 0,065 мкА см⁻², что ниже тока коррозии других образцов и свидетельствует о превосходстве этого образца по антикоррозионным свойствам. Кроме того, после 720 часов испытания в солевом тумане (в 3,5 мас.% NaCl) наблюдалась очень высокая и желательная долговечность этого образца [53].

1.2.1 Изолирующие грунтовки

Действие изолирующих грунтовок основывается на диффузионных процессах и адгезионной прочности покрытий. В состав изолирующих грунтовок входят водные пленкообразователи (связующие), которые обладают повышенной адгезией к подложке, наполнителей, пигментов и функциональных добавок [4].

Адгезионная прочность зависит от содержания в полимерах полярных функциональных групп (-ОН, -СООН, -СОМН₂, -СОКИ, -ОСОКИ), энергия когезии которых составляет 25-65 кДж/моль [57]. Модификация пленкообразователя позволяет улучшить адгезионную прочность. Для повышения адгезии также рекомендуется использовать гидроксилсодержащие смолы. Недостатком изолирующих грунтовок является ухудшение защитных свойств при недостаточной толщине покрытия [4].

1.2.2 Пассивирующие грунтовки

Пассивирующие грунтовки содержат в качестве пигментов цинковый, стронциевый хромы и другие хроматы. При проникновении влаги в слой грунтовки она частично растворяет пигмент и, обогащаясь ионами CrO, пассивирует металл[48].

Вследствие хороших защитных свойств *пассивирующие грунтовки* являются основным типом грунтовок, применяемых для защиты поверхности стали, алюминия и его сплавов, несмотря на их более высокую стоимость по сравнению с грунтовками, содержащими инертные и основные пигменты[15].

1.2.3 Фосфатирующие грунтовки

Фосфатирующие грунтовки производятся на основе поливинилбутирала.

Традиционно в их состав входят тетраоксихромат цинка (в спиртовом растворе поливинилбутирала) и раствора ортофосфорной кислоты.

Применение фосфатирующих грунтовок позволяют обеспечивать хорошую адгезию (сцепление) между металлами цветными и черными и финишным покрытием, на основе алкидных, эпоксидных и других связующих. Фосфатирующие грунтовки уступают по своим свойствам пассивирующим материалам в коррозионной защите. При создании ответственных барьерных покрытий фосфатирующие материалы применяются в комплексе с пассивирующими средствами, в основном для создания адгезионной прочности с подложкой. Жизнеспособность данных грунтовок не превышает 8 часов, из – за необходимости применения смещения разбавителей в их составе [16].

1.2.4 Протекторные грунтовки

В качестве пигмента в протекторных грунтовках содержатся порошки цинка, алюминия, магния. Под воздействием агрессивной среды эти пигменты разрушаются, тем самым защищая поверхности стальных деталей.

Если добавлять в краску металлы (алюминий, цинк, магний), в виде порошков они могут действовать как протекторы. В рецептурах протекторных грунтовок присутствует до 95% цинковой пыли, что позволяет при нанесении получать металл выступающий катодом и исключить коррозию. Цинк в этом случае выполняет роль анода и переходит в ионное состояние. Связующими в данных материалах используются пленкообразующие на основе полистирола, хлоркаучука, алкидных, фенольных смол и других щелочестойких материалов.

Протекторные грунтовки обладают хорошей адгезией, в том числе и к старому покрытию. [17].

1.2.5 Грунтовки – преобразователи ржавчины

При коррозионных разрушениях металла образуются ржавчина и окалина. Газовая коррозия вызывает окалину, данный дефект возникает при температуре выше 500°C в процессе прокатки металла. Окалина состоит из оксидов железа, располагающихся на металле следующим образом: внутренний слой оксид железа FeO , промежуточный слой магнетит Fe_3O_4 , наружный слой гематит ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$), маггемит ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Толщина слоя окалины может составлять от 5 до 80 мкм. При наличии окалины и влажной атмосфере происходит быстрое разрушение покрытия, так как окалина имеет более положительный потенциал, чем сам металл [17].

Ржавчина состоит из гидрата оксидов железа: $\gamma\text{-FeOOH}$ (лепидо-крокит), $\alpha\text{-FeOOH}$ (гетит) и в небольшом количестве из $\rho\text{-FeOOH}$, а также из его безводных оксидов различной степени окисления.

Наиболее популярными преобразователями является ортофосфорная кислота. Ее преимущество в доступности и недорогой цене. Распространены так же водно – дисперсионные грунтовки, которые хорошо пропитывают оксиды, стабилизируют их и превращают частично в магнетит [4].

Магнетит не приобретает положительного потенциала, чем отличается от других продуктов коррозии. Кроме того, магнетит имеет более плотную структуру, хорошую адгезию к металлу, термодинамически более устойчив, чем другие компоненты ржавчины.[4].

1.3 Наполнители. Свойства, характеристики и роль в рецептуре ЛКМ

Эффективность защитного действия грунтовочных покрытий определяется их адгезионно-когезионными, диффузионными и электрохимическими свойствами. Основным фактором обеспечивающим защитные свойства покрытия является адгезия.

Добавление наполнителей и пигментов в рецептуру лакокрасочных материалов позволяет добиться высокой адгезии. Это обусловлено способностью пигментов таких как хроматы, фосфаты, свинец, образовывать реакционноспособные ионы к пленкообразователю и подложке[4].

Установлены закономерности изменения физико-химических свойств композиций и получаемых покрытий антикоррозионных грунтов от качественного и количественного содержания входящих в них ингредиентов. Показано, что большое влияние на их параметры оказывают химическая природа и концентрация полимерных пленкообразователей, пигментов, наполнителей и малых функциональных добавок, особенно наноразмерного уровня.

Наполнители лакокрасочных материалов – это высокодисперсные вещества неорганического происхождения, которые вводятся в состав непрозрачных ЛКМ. Материалы, используемые как наполнители чаще всего

белого цвета или слегка окрашены. Показатель преломления достаточно низкий от 1,4 до 1,75.

Добавление наполнителей в рецептуру лакокрасочных материалов позволяет добиться снижения себестоимости за счет замены более дорогого пигмента на наполнители. Так же введением наполнителей можно придать особые свойства материалу и получаемому на его основе покрытию [7].

Наполнители применяемые в органических системах дают только прозрачные покрытия, что обусловлено низким показателем преломления. Поэтому в рецептурах лакокрасочных материалов наполнители применяются с пигментами, где их количество может составлять 80% от массы сыпучих компонентов. Количество наполнителя рассчитывается от показателей укрывистости и интенсивности пигмента: чем данные показатели, тем большее количество наполнителя можно ввести в рецепт [7].

Наполнители сильно влияют на свойства ЛКМ, изменяют реологические свойства, увеличивают тиксотропность, вязкость и стабильность готового продукта. Для эффективного использования наполнителей дисперсность наполнителей должна быть выше, чем у пигментов. Наполнители должны быть доступны, иметь малую твердость и плотность, невысокую маслосъемность и высокую белизну [7].

Введением наполнителя в лакокрасочный материал можно добиться следующих характеристик: огнестойкости, матовости, износостойкости, повысить водостойкость, атмосферостойкость и увеличить адгезию к подложке [7].

В лакокрасочных материалах, на водной основе наполнители также могут выполнять роль белых пигментов. Во время процесса испарения воды, пространство между отдельными фракциями пигмента заполняет воздух, показатель преломления которого – единица. В результате чего образуется непрозрачный защитный слой.

Наполнители, в зависимости от происхождения, делят на синтетические и природные. Наполнители можно разделить на следующие группы:

- соли (силикаты, карбонаты, сульфаты);
- оксиды;
- гидроксиды.

Основные свойства наполнителей: яркость, белизна, размер фракций [7].

1.3.1 Карбонаты как наполнители ЛКМ

Одними из самых востребованных наполнителей в лакокрасочном производстве являются карбонаты, такие как магнезит (карбонат магния), кальцит (карбонат кальция), карбонат бария, мел, доломит (карбонат магния и кальция).

Карбонаты активно взаимодействуют с пленкообразующими, в составе которых присутствуют карбоксилы. Такая химическая активность позволяет добиться устойчивого покрытия к воздействию агрессивной коррозионной среды, влаги, сформировать твердую пленку с высокими защитными свойствами. К недостаткам рецептур ЛКМ с большим содержанием карбонатов является не стабильность в таре и высокая вязкость [10].

Основным наполнителем для лакокрасочных производств является карбонат кальция, то есть мрамор, мел, известняк. Карбонат кальция с крупнокристаллической структурой называют кальцитом. Получают порошок кальцита путем измельчения природного минерала. Мелкокристаллическая структура порошка – это уже мел.

В составе наполнителя природного происхождения содержание карбонатов кальция составляет от 95,5% до 99%, остальное это примеси: карбонат магния, окислы алюминия и железа, соединения кремния. Наполнители искусственного происхождения, например, осажденного мела, содержат меньшее количество примесей [10].

Получение карбонатов кальция природного происхождения проходит путем измельчения мрамора или известняка, мел отмучивают в водных отстойниках. Размер частиц варьируется от 1 до 50 мкм. От фракции напрямую зависит маслосъемкость наполнителя [10].

1.3.2 Силикаты как наполнители ЛКМ

Самой разнообразной группой наполнителей для лакокрасочной промышленности являются силикаты. К этой группе относят природный силикат кальция (волластонит), прокаленные глины и бентониты (алюминия-натрия-калия-магния), тальк и асбест (силикат магния), слюда (силикат алюминия –калия) и другие. При производстве ЛКМ наиболее популярными являются тальк, слюда, каолин [10].

Слюда представляет собой алюмосиликат калия. Характерный цвет слюды белый или подкрашенный примесями железа. Особенность слюды – пластинчатая форма частиц, не меняющаяся в процессе измельчения.

Слюду, получают и природным и синтетическим путем. Для термостойких покрытий обычно применяют синтетическую слюду, так как даже при сильном термическом воздействии структура наполнителя не разрушается. При добавление слюды в рецептуру ЛКМ можно увеличить коррозионную стойкость, устойчивость к ультрафиолетовому излучению и механическим повреждениям [10].

Синтетическую слюду производят путем плавления смеси диоксида кремния, оксидов алюминия и магния, полевого шпата в электрических печах, при температуре 1370⁰С. Природную слюду получают путем сухого или мокрого измельчения мусковита (калиевой слюды).

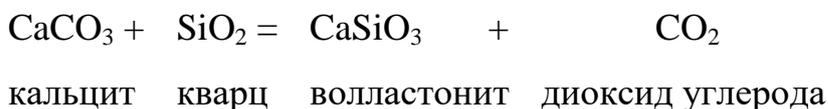
Преимуществом применения слюды как наполнителя в ЛКМ является улучшения укрывистости, лучшее сцепления с подложкой, длительное хранение в таре за счет отсутствия трудноразмешиваемого осадка.

Тальк – это силикат магния. Белый порошок, жирноватый на ощупь. Форма частиц талька имеет волокнистую или игольчатую структуру. В составе могут присутствовать примеси окислов железа, кальция, алюминия, которые могут придавать материалу сероватый оттенок.

Производят тальк путем дробления талькита или талькомагнезита. Для получения микронизированного талька проводится обработка в струйных мельницах.

Тальк хорошо смачивается, придает лакокрасочным материалам структурную вязкость. Придает покрытию атмосферостойкость и повышает стойкость к истиранию [10].

Волластонит известный слоистый шпат белого цвета. Имеет игольчатую форму частиц и высокую степень очистки, что обусловлено магнитным разделением в процессе производства. Из примесей могут присутствовать кварц, кальцит, гранат, диопсид, что вызвано образованием волластонита путем контактного метаморфизма кварца и известняка по реакции:



Структура волластонита характеризуется повторяющимися, переплетенными тройными четырехгранниками кварца (рисунок 1.1). Цепочки формируемые этими кварцевыми четырехгранниками соединены по сторонам через кальций, образуя восьмигранники. Благодаря такой структуре, волластонит растет как игольчатый кристалл и сохраняет форму при расщеплении [1].

Твердость минерала 4,5 – 5 по Моосу обусловлена высокой плотностью кварцевых цепочек [2].

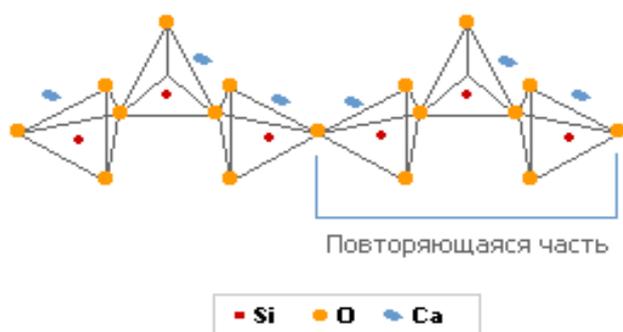


Рисунок 1.1- Структура волластонита.

В 1979 году был произведен обзор свойств и направлений применения волластонита. Главными свойствами минерала как наполнителя для лакокрасочной промышленности были признаны устойчивость к коррозии, износостойкость покрытий, атмосферостойкость и длительное сохранение цвета [2]. В статье описывались результаты исследования, сравнивающего волластонит с другими видами наполнителей в латексных красках для наружных и внутренних работ. Отмечалось использование волластонита в алкидных и акриловых красках, содержащих оксид цинка. При использовании 30- микронного волластонита цинковые белила были стабилизированы без применения большого количества диспергатора. Из преимуществ отмечалось: снижение себестоимости продукции и высокая стабильность при хранении [1].

1.3.3 Сульфаты как наполнители ЛКМ

К группе сульфатов относятся сульфаты кальция и бария, как синтетического, так и природного происхождения: осажденный сульфат кальция, природный гипс и барит, осажденный бланфикс. В производстве лакокрасочных материалов широко применяется природный сульфат бария (барит).

Барит – это тяжелый шпат, подвергнутый тонкому измельчению. Для него характерен белый или светло серый цвет, при наличии в составе примесей железа порошок может быть немного окрашен. В таких случаях и для придания наполнителю белизны барит отбеливают или кислотами минерального происхождения или путем высоких температур [10].

Барит химически инертен, поэтому используется в лакокрасочной продукции химически стойких материалов. Сульфат бария входит в состав красок, шпатлевок, грунтовок на масляной основе [10].

Самой высокой степенью белизны отличается бланфикс – сульфат бария синтетического происхождения. Получают его путем осаждения, он отличается высокой дисперсностью и химической инертностью [10].

1.3.4 Углеродные наноматериалы

В настоящее время весьма много проводится исследований ЛКМ наноразмерными добавками. Такие материалы создаются на основе наночастиц, размерами до 100 нм или с помощью нанотехнологий. Они обладают уникальными свойствами, которые раскрываются в зависимости от материалов в которых используются.

Углеродные наноматериалы – общий термин, обозначающий низкоразмерные структуры на основе углерода [6].

Нанотрубки образуются в природе при неполном горении углерода, поэтому на пепелищах лесных пожаров можно найти тысячи тонн нанотрубок. В 1976 году, в ходе научных исследований в Орлеанском Университете, японский ученый Моринобу Эндо открыл углеродные нанотрубки. Десятки лет исследований подтвердили, что графеновые нанотрубки – универсальный аддитив для большинства материалов, существующих на Земле.

Несмотря на это, графеновые нанотрубки не использовались в промышленности из-за отсутствия технологии их массового производства и, как следствие высокой цены.

Объясняется это тем, что при распределении в матрице материала графеновые нанотрубки формируют трехмерную армирующую и проводящую сеть. Она является механизмом достижения новых свойств. Рекордное отношение длины к диаметру позволяет графеновым нанотрубкам создавать 3D- сеть при чрезвычайно низких концентрациях. Это позволяет

минимизировать воздействие на цвет и другие ключевые свойства материалов [6].

2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В работе применялись общепринятые методики проведения лабораторных испытаний лакокрасочных материалов и покрытий согласно данным ГОСТ, а также методики, применяемые на заводах – изготовителях.

2.1 Методы исследований

2.1.1 Стойкость к воздействию климатических факторов

Максимально достоверно определить срок службы лакокрасочного покрытия возможно при воздействии природных факторов: солнечное излучение, влага, осадки, перепады температур, естественные загрязнения. Данный вид испытаний является длительным, не всегда имеется возможность ждать результаты экспериментов. В связи с этим актуальной задачей является прогнозирование стойкости и службы покрытия в тех или иных условиях, на основе ускоренных климатических испытаний.

Проведение испытаний

Образцы помещают в камеру холода и выдерживают при температуре минус 18⁰С в течение 60 и 120 минут. Испытание на адгезионную прочность проводятся в течение 20-25 секунд после замораживания.

Оценка результатов испытаний

Покрытие считают выдержавшим испытание, если два образца из трех соответствуют требованиям ГОСТ 9.401-2018, таблице 2.1 [18].

Таблица 2.1. – Требования к покрытию

Метод предварительного испытания	Нормируемый показатель	Класс покрытия по ГОСТ 9.032	Требования
А	Адгезия по ГОСТ 15140 (раздел 2) или ГОСТ 31149 для покрытия с номинальной толщиной не более 250 мкм	Для всех классов	Не более балла 3
Б	Величина отслоения покрытия и коррозии от надреза, мм	Для всех классов	Не более 2 мм

2.1.2 Стойкость к статическому воздействию жидкостей

Определение защитных свойств покрытия после воздействия жидкостей в течение заданного времени.

Проведение испытаний

Жидкости для испытаний подбираются в зависимости от стандартов, технических условий на материал и регулируются ГОСТ 9.403-80, таблица 2.2.

Таблица 2.2 – рекомендуемые реактивы и жидкости для испытаний

Кислота уксусная	по ГОСТ 61-75, 3, 5 и 8%-ные растворы
Кислота серная	по ГОСТ 4204-77, 25%-ный раствор.
Кислота соляная	по ГОСТ 3118-77, 3, 5 и 25%-ные растворы.
Кислота азотная	по ГОСТ 4461-77, 25%-ный раствор.
Натрий хлористый	по ГОСТ 4233-77, 3 и 5%-ные растворы.
3%-ный раствор соли	
Минеральное масло марок И-12А, И-50А	по ГОСТ 20799-88
Бензин	по НТД

В эксикатор с подготовленной, в зависимости, от испытания жидкостью помещают образцы покрытия и закрывают крышкой. Легколетучие жидкости дополнительно укрываются пленкой. Температура жидкости в эксикаторе составляет $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$, продолжительность испытания 24 часа.

По истечению заданного времени образцы готовят к осмотру: пластины после минерального масла промывают ватой, смоченной в уайт – спирите; после воды сушат фильтровальной бумагой, после солей и кислот промывают и так же сушат фильтровальной бумагой.

Обработка результатов испытаний

Покрытие лакокрасочного материала считается прошедшим испытания на стойкость, если защитные и декоративные свойства пленки соответствует стандарту и нормативным документам [21].

2.1.3 Определение адгезии

В исследовательской работе применялось два способа определения адгезии метод решётчатых надрезов и методом отрыва.

2.1.3.1 Определение адгезии, методом решетчатых надрезов

Для оценки адгезионной прочности методом решетчатых надрезов на готовое лакокрасочное покрытие наносят надрезы и проводят визуальную оценку по ГОСТ 31149- 2014.

Аппаратура и материалы

Образцы лакокрасочного покрытия готовят по ГОСТ 16523-89, ими являются стальные пластины.

Режущий инструмент: лезвие бритвенное в держателе любого типа; одно- или многолезвийный нож с углом заточки режущей части 20-30° и кромкой лезвия толщиной 0,05-0,10 мм или устройство для нанесения надрезов типа АД-3.

Линейка металлическая или шаблон с пазами, расположенными на расстоянии 1, 2 или 3 мм друг от друга.

Кисть волосяная, плоская, мягкая, шириной не менее 10 мм; длина волос не менее 15 мм; прибор для измерения толщины покрытий с погрешностью измерения не более 10 % и лупа с 2,5-4 увеличением.

Проведение испытания

Сущность испытания заключается в нанесении параллельных надрезов на покрытие или режущим инструментом или с помощью устройства АД-3.

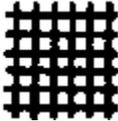
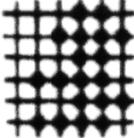
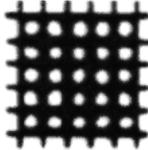
Наносится шесть параллельных надрезов длиной 20 мм, на расстоянии 1 мм друг от друга. Режущий инструмент держат строго перпендикулярно поверхности. Также наносят надрезы в перпендикулярном направлении. В результате чего образуется решетка, из квадратов одинаково размера.

Обработка результатов

После нанесения надрезов для удаления отслоившихся кусочков покрытия проводят мягкой кистью по поверхности решетки в диагональном направлении по пять раз в прямом и обратном направлении. Адгезию оценивают в

соответствии с ГОСТ 31149- 2014. Параметры указаны в таблице 2.3, при необходимости используется лупу.

Таблица 2.3 – Параметры оценивания адгезии

Балл	Описание поверхности лакокрасочного покрытия после нанесения надрезов в виде решетки	Внешний вид покрытия
1	Края надрезов полностью гладкие, нет признаков отслаивания ни в одном квадрате решетки	
2	Незначительное отслаивание покрытия в виде мелких чешуек в местах пересечения линий решетки. Нарушение наблюдается не более, чем на 5% поверхности решетки	
3	Частичное или полное отслаивание покрытия вдоль линий надрезов решетки или в местах их пересечения. Нарушение наблюдается не менее, чем на 5% и не более, чем на 35% поверхности решетки	
4	Полное отслаивание покрытия или частичное, превышающее 35 % поверхности решетки	

За результат испытания принимают значение адгезии в баллах, соответствующее большинству совпадающих значений, определенных на всех испытываемых участках поверхности двух образцов; при этом расхождение между значениями не должно превышать 1 балл.

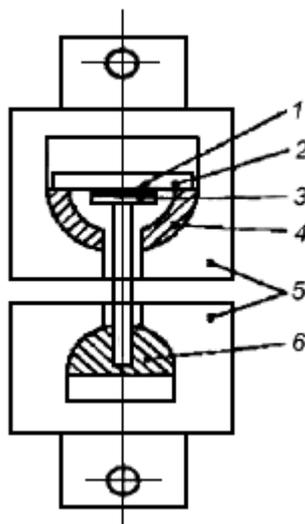
При расхождении значений адгезии, превышающем 1 балл, испытание повторяют на том же количестве образцов и принимают среднее округленное значение, полученное по четырем образцам, за окончательный результат [22].

2.1.3.2. Определение адгезии, методом отрыва.

Испытание проводится на приборе Константа АЦ. Механический адгезиметр предназначен для определения адгезии лакокрасочных покрытий. В основу работы положен принцип измерения усилия отрыва грибка, приклеиваемого к контролируемому покрытию [41].

Аппаратура

Конструкция разрывного испытательного устройства представлена на рисунке 2.1. Силу отрыва прикладывают в направлении, перпендикулярном к плоскости окрашенной поверхности, и увеличивают с равномерной скоростью не более 1 МПа/с, чтобы разрушение испытуемого образца произошло в течение 90 с [40].



1 – лакокрасочное покрытие; 2 – окрашиваемая поверхность; 3 – образец; 4,6 – подвижной шарнир; 5 – опора

Рисунок 2.1 – Схематичное изображение разрывного устройства

Методика контроля

Цилиндрический тестовый элемент (грибок), приклеивается к покрытию. К грибку присоединяется прибор адгезиметр Константа АЦ и проводится отрыв. Сила, прилагаемая к грибку для отрыва лакокрасочного покрытия от подложки определяет предел прочности, измеряемый в МПа [41].

2.1.4 Определение степени перетира

Степень перетира называют показатель, который указывает размер крупных самых крупных частиц в лакокрасочных материалах.

Размер частиц напрямую влияет на защитные свойства и внешний вид покрытия, на укрывистость материала. Чем меньше степень перетира наполнителей, тем выше класс покрытия ему можно присвоить. Согласно ГОСТ 7409-2008, п. 4.3.3 степень перетира для грунтовок не должна превышать 40 мкм.

Аппаратура

Для измерения показателя перетир используется измерительная плита, выполненная из закаленной нержавеющей стали. Обычно на поверхности плиты присутствует один или два паза. Шкала применяемых приборов, в зависимости от производимого материала, представлена в 2.4. Чертеж типового прибора показан на рисунке 2.2.

Таблица 2.4 – Показатели прибора гриндометр, в микрометрах

Максимальная глубина паза	Цена деления шкалы	Рекомендуемые пределы определения степени перетира
150	10	Св. 90 до 150 включ.
100	10	Св. 40 до 90 включ.
50	5	Св. 15 до 40 включ.
25	2,5	Св. 5 до 15 включ.

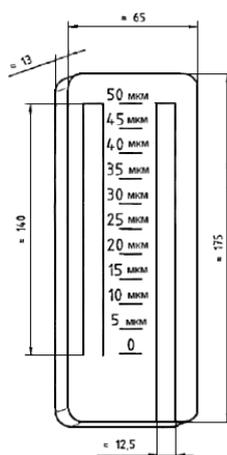
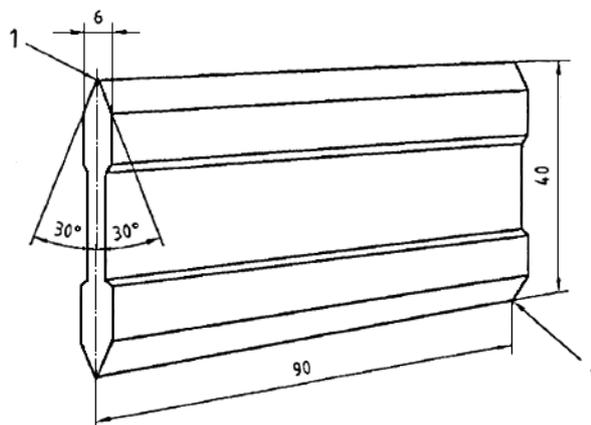


Рисунок 2.2 – Типовой прибор (гриндометр)

К плите прилагается скребок, с заостренными с двух сторон лезвиями. Типичный размер скребка: длина 90 мм, ширина 40 мм, толщина 6 мм. Лезвие по длинной стороне имеет радиус с закруглением 0,25 мм. Чертеж скребка показан на рисунке 2.3



1- лезвие скребка R 0,25

Рисунок 2.3 - Скребок

Скребок необходимо периодически проверять на отсутствие повреждений (износ или искривление).

Проведение испытания

Прибор устанавливается на ровную горизонтальную поверхность, помещают испытуемый материал в специальный паз. Зажав пальцами скребок и установив его перпендикулярно плите, с небольшим нажимом двигают скребок от паза к нулевой отметке.

Оценка результата проводится визуально, под углом 20° - 30° . Определение наличия крупных частиц устанавливается по границе начала штрихов. Границу определяют от максимального деления шкалы к нулю по месту появления третьего непрерывного штриха, как на рисунке 2.4.

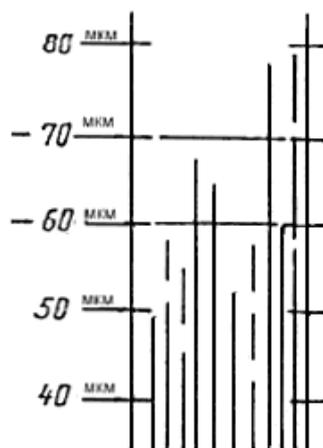


Рисунок 2.4 - Графическое изображение оценки результатов (штрихи);
результат - 60 мкм

Обработка результатов

Результатом испытаний считается среднеарифметическое значение трех параллельных измерений [23].

2.1.5 Рентгенофазовый анализ

Задача рентгенофазового анализа (РФА) – идентификация фаз смеси кристаллических веществ. Основой является дифракционная картина. Так как каждое кристаллическое вещество имеют свою интерференционную картину. Если же исследуемая смесь состоит из нескольких веществ, то на рентгенограмме можно будет увидеть суммарную картину, представленной на рисунке 2.5 [42].

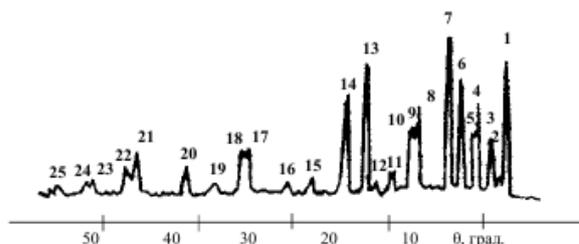


Рисунок 2.5 – Рентгенограмма многофазового образца

Данный вид анализа используют для определения качественного и количественного состава исследуемых веществ [43].

Вещество подвергается действию рентгеновского излучения, испускает вторичное излучение определенной длины волны. Расстояния между атомными плоскостями, в кристалла, сравнимы с длинами волн рентгеновских лучей. Кристалл служит дифракционной решеткой для рентгеновских лучей.

Рисунок 2.6 показывает, что разность хода (АОВ) будет равна $АОВ=2d\sin\theta$. Если разность хода равна целому числу волн $\Delta(AOB) = n\lambda$, при отражении будет наблюдаться взаимное усиление колебаний и на рентгенограмме появится рентгеновский максимум.

$$2d\sin\theta = n\cdot\lambda,$$

где $n=1,2,3$ – порядок отражения. Это и есть уравнение Брэгга – Вульфа, которое используется для расчета межплоскостных расстояний [44].

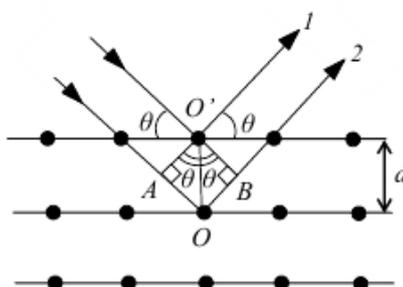


Рисунок 2.6 – Отражение рентгеновских лучей [44].

Интенсивность отраженного луча фиксируется с помощью высокочувствительных детекторов, после чего информация передается на усилители и пересчетные устройства для формирования дифрактограммы на компьютере [44].

2.1.6 Растровая электронная микроскопия

При помощи сканирующего (растрового) электронного микроскопа JEOL JM – 6000 были изучены мелкодисперсные порошки неорганических наполнителей.

Растровый электронный микроскоп (РЭМ) – это вакуумный прибор. Принцип действия заключается в ответных сигналах направленного электронного пучка от испытуемого образца, которые отличаются физической природой. Далее информация собирается детектором и передается на экран. Схема основных узлов прибора представлена на рисунке 2.7.

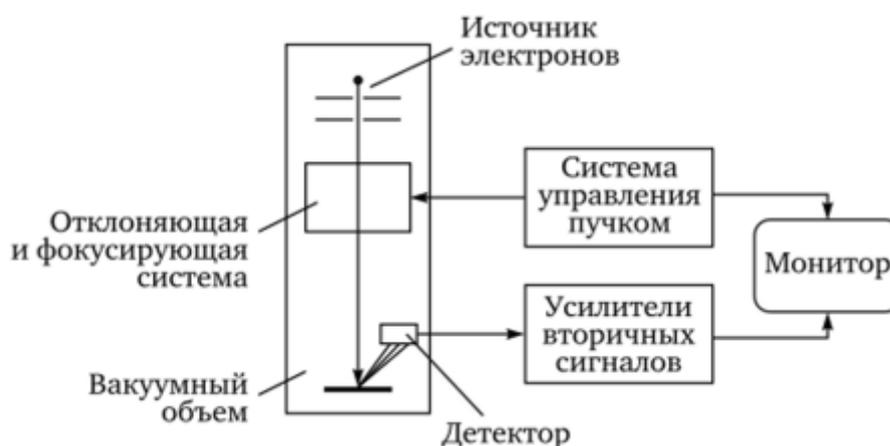


Рисунок 2.7 – Блок – схема работы РЭМ

К объектам исследования растровой электронной микроскопии можно отнести:

- неоднородность дефектов и состояния поверхности (поры, трещины и другое);
- определение элементарного состава по поверхности образца;
- топографию магнитной доменной структуры.

В растровой электронной микроскопии коэффициент увеличения изображения определяется отношением линейных размеров раstra, освещаемого зондом, на поверхности образца d и на экране монитора D , т.е. $M = D/d$.

2.2 Характеристика сырьевых компонентов

В данной работе к группе карбонатных наполнителей – карбонат кальция, добавляются наполнители группы силикатов (волластонит, силикат магния, аллюмосиликат калия) для оценки влияния минеральных добавок на свойства покрытий антикоррозионных грунтовок.

2.2.1 Карбонат кальция

Микрокальцитом называют молотый мрамор или микромрамор. Данный вид наполнителя является высоко востребованным в производстве лакокрасочных материалов, благодаря своим физико – химическим показателям. Он имеет низкую маслосъемкость, является химически нейтральным и не горючим.

Микрокальцит это порошкообразное вещество белого, серого или желтоватого цвета. Добыча происходит путем измельчения на мраморных карьерах.

Данный вид наполнителя обладает рядом преимуществ, которые отличают его от других карбонатных наполнителей. К ним относятся:

- высокое содержание карбоната кальция
- низкое содержание примесей
- высокая белизна
- явно выраженная кристаллическая структура
- повышенная прочность и твёрдость зёрен
- низкая пористость и водопоглощение
- высокая устойчивость к ультрафиолетовому излучению
- низкое содержание водорастворимых солей
- высокая растворимость в минеральных кислотах
- низкая маслосъемкость
- низкая химическая активность
- устойчивость к влиянию кислых сред и атмосферным воздействиям

В производстве лакокрасочных материалов микрокальцит применяют для снижения себестоимости конечного материала. Низкая химическая активность позволяет заменить в составе рецептуры дорогие пигменты. При этом его применение повышает твердость пленки ЛКМ, атмосферостойкость и механическую прочность.

Для исследования выбран мрамор молотый производства ООО «Коелгамрамор» двух фракций №2 и №5. Основные характеристики, согласно паспорту качества (приложение Б, рисунок 1,2) представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – основные показатели мрамора молотого

Показатель	Фракция №2	Фракция №5
Массовая доля CaCO ₃	98,1%	98,1%
Твердость по Маосу	2,9	2,9
Максимальный диаметр частиц	10,7 мкм	21,5 мкм

2.2.2 Волластонит.

Силикат кальция природного происхождения, с формулой CaSiO₃ называют волластонитом. Как наполнитель в лакокрасочном производстве волластонит цениться своей универсальностью. Его игольчатая форма позволяет добиться прочности покрытия, улучшенной адгезии и стойкости к коррозии. Порошок имеет высокую белизну, с высоким показателем рН [3].

Имеются сведения, что совместное использование ингибиторов коррозии и волластонита, особенно его поверхностно-модифицированных марок, обеспечивает большую стойкость покрытий к коррозии, чем при использовании защитных пигментов отдельно, без волластонита [64].

На протяжении последних нескольких лет наблюдается увеличение применения волластонита в широком спектре антикоррозийных покрытий [64].

В дополнение к использованию для защиты от коррозии, марки волластонита с высокой белизной и большим характеристическим отношением используется для производства строительных, промышленных и морских красок для обеспечения высокой прочности покрытий, особенно под воздействием физических и атмосферных нагрузок. По данным исследования, проведенных кандидатом технических наук Алтайского государственного

технического университета Свит Т.Ф. игольчатая форма частиц волластонита, даже с низким характеристическим отношением, усиливает защитную пленку покрытий, обеспечивая одновременно долговечность и гибкость, а также превосходную абразивную стойкость. Более грубые игольчатые сорта волластонита используются в грунтовках, так как они обеспечивают более микро-текстурную поверхность с хорошей последующей связью с финишными покрытиями [64].

В данной работе исследуется волластонит марки S – 4609, производства Лаборатория Керамики, Москва (приложение Б, рисунок 3). Массовая доля СаО в наполнителе составляет 45,2%, SiO₂ – 51,2%. Максимальный диаметр частиц 175 мкм.

2.2.3 Тальк

Тальк означает «мыльный камень»- минерал подкласса слоистых силикатов. Химическая формула – Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂.

Представляет собой жирный на ощупь рассыпчатый порошок белого (изредка зеленого) цвета. Наполнитель химически инертен, он не растворяется в воде и неорганических кислотах, является термостойким. Чешуйчатые частицы слабо связаны между собой, за счет этого они легко размалываются в тонкодисперсный порошок. В лакокрасочной промышленности тальк ценится за придание атмосферостойкости и термостойкости в получаемых покрытиях, легким вводом в рецептуру за счет своей мягкости и инертности. Ввод талька помогает снизить себестоимость материалов, не ухудшая характеристики продукта.

При производстве лакокрасочных материалов наполнитель легко диспергируется, за счет своей хорошей смачиваемости. Полученные ЛКМ имеют длительный срок хранения, так как не образует трудноперемешиваемого осадка. В покрытиях тальк придает устойчивость к царапанию и истиранию.

В работе использован тальк молотый марки ТРПВ, производства «ВитаХим» (Приложение Б, рисунок 4). Тонина помола не превышает 1% (сито №0090).

2.2.4 Слюда

Слюда – измельченный наполнитель светло – серого цвета. Широко используется в лакокрасочной промышленности, в производстве герметиков, резины, клеев и многом другом.

Слюда имеет пластичную структуру частиц. Форма частиц позволяет добиться барьерного эффекта. При распространении коррозии, добавление минерала в рецептуру, препятствует газообмену, блокирует ультрафиолетовое излучение. В готовых покрытиях, применение слюды, повышает твердость, прочность, эластичность пленки, увеличивает стойкость к агрессивным средам.

В работе использована слюда марки Micro-Mica, производство Норвежский Тальк AS N-5365 Knarrevik, Норвегия (Приложение Б, рисунок 5) - минерал мусковит, гидросиликат калия и алюминия, имеет теоретическую формулу $KAl_2 (AlSi_3O_{10}) (OH)_2$. Мусковит характеризуется совершенным расколом, позволяя минералу быть раздробленным на очень тонкие листы. Даже при помоле пластиночная форма частицы сохраняется. Максимальный диаметр частиц составляет 32,2 мкм.

2.2.5 Углеродные нанотрубки

Для данной работы были выбраны графеновые нанотрубки производства ООО «ОКСИАЛ Аддитивс НСК», под маркой TUBALL™, производитель заявляет, что это единственный аддитив, добавление которого всего 0,01% в материал способно радикально изменить его свойство.

Для удобства работы с рецептурой воднодисперсионных ЛКМ был выбран продукт ЛАТЕКС TUBALL™, который представляет собой готовый к использованию материал в виде водной суспензии, содержащей небольшое

количество предварительно диспергированных графеновых нанотрубок, с сухим остатком 1,16 % (Приложение Б, рисунок 6).

Преимущества:

- Нет необходимости изменять стандартные производственные процессы;
- Поддержание или улучшение механических свойств.

TUBALL™ COAT_E H₂O 0,4% - это водная суспензия одностенных углеродных нанотрубок, с концентрацией 0,4%. Суспензия, кроме воды и углеродных нанотрубок TUBALL™, содержит производное дистирил – бифенила в качестве стабилизатора.

Подходит для цветных и прозрачных ЛКП. При введении в рецептуру лакокрасочного материала возможно улучшение механических свойств покрытия, таких как прочность на удар, устойчивость к царапанью, адгезия и твёрдость [8]. Состав суспензии приведен в таблице 2.6.

Таблица – 2.6 Состав суспензии TUBALL™ COAT_E H₂O 0,4%:

Одностенные углеродные нанотрубки TUBALL™	0,4%
Вода	98,8%
Стабилизатор (производное дистирил – бифенила)	0,8%

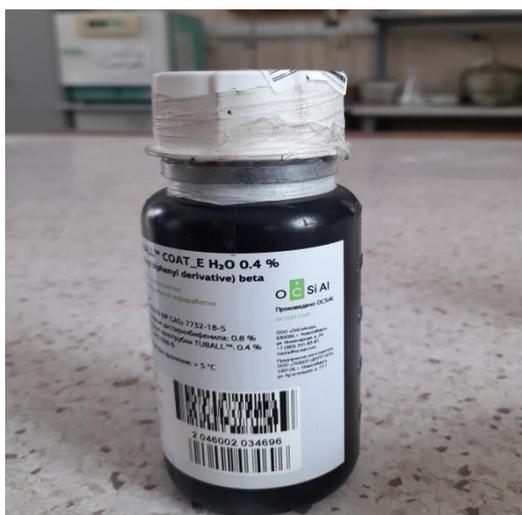


Рисунок 2.8 – Исходный материал. Углеродные нанотрубки.

2.3 Технологическая схема производства лакокрасочных материалов на водной основе

Несмотря на сложность рецептуры водо-дисперсионных красок, технология их изготовления сравнительно проста. Обычно лакокрасочные заводы используют уже готовые латексы. В целом процесс производства можно подразделить на следующие стадии:

- заливка в дежу (емкость для производства ЛКМ) воды;
- запуск диссольвера на минимальных оборотах;
- загрузка жидких компонентов по технологической карте;
- загрузка пигментов и наполнителей;
- диспергирование, согласно технологическому процессу;
- дозагрузка компонентов, согласно рецептуре;
- корректировка продукта;
- фильтрация и фасовка.

Особенности диспергирования

Процесс диспергирования за счет гидрофильности наполнителей и пигментов проходит легко в водной среде. Это помогает эффективно смачиваться поверхности частиц и позволяет использовать упрощенную схему производства ЛКМ по сравнению с трудозатратным производством органических красок.

Процесс диспергации проходит в отсутствие связующего, так как подавляющее большинство пленкообразующих систем не выдерживают высоких механических нагрузок. Также латекс может коагулировать, если вводить его до коалесцентом [24].

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

Исследования проводились на базе лаборатории ООО «Дитрикс-Сибирь» - компании, занимающейся производством водно-дисперсионной лакокрасочной продукции в г. Новосибирске с дополнительными исследованиями на базе научно-исследовательской лаборатории ТПУ. Целью исследования стала разработка водно-дисперсионного состава на основе связующих – сополимеров, растворенных в воде с повышенной адгезией к

холоднокатаному металлу для применения в комплексных покрытиях на железнодорожном подвижном составе.

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку

сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В данном научном исследовании анализируются составы для окраски изделий из холодного проката, а именно для окраски железнодорожного подвижного состава.

В таблице 4.1 приведена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – разработка, широко используемая в производстве в настоящее время (традиционные лакокрасочные покрытия), к2 – аналогичная разработка зарубежной организации.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _к	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство нанесения	0,10	5	5	5	0,5	0,5	0,5
2. Безвредность для окружающей среды и человека	0,2	5	2	5	1	0,4	1
3. Пожаробезопасность	0,15	5	2	5	0,75	0,3	0,75
4. Стойкость	0,15	5	3	5	0,75	0,45	0,75
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,15	5	2	4	0,75	0,3	0,6
2. Цена	0,15	4	5	3	0,6	0,75	0,45
3. Уровень проникновения на рынок	0,10	4	4	2	0,4	0,4	0,2
Итого	1	3	23	29	4,75	3,1	4,25

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Вес показателей в сумме должны составлять 1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать, что проект значительно превосходит конкурентные разработки в области экономической эффективности для конкурентных зарубежных разработок и в области технических критериев ресурсоэффективности для использующихся в настоящее время в производстве разработок как российских, так и зарубежных. Исследуемый проект проигрывает использующимся разработкам в цене, но это окупается гораздо более длительным сроком эксплуатации и сопутствующей безвредностью для человека и окружающей среды.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ (таблица 4.2), применяющийся для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

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.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

<p>Сильные стороны С1. Отсутствие конкурентов на территории России С2. Универсальность разработки для других сегментов рынка холодного проката С3. Безвредность для человека и окружающей среды, негорючесть С4. Повышенная стойкость в сложных условиях эксплуатации С5. Отсутствие необходимости изменять стандартные производственные процессы</p>	<p>Слабые стороны Сл1. Более дорогой метод по сравнению с существующим Сл2. Конкуренты за пределами РФ Сл3. Отсутствие сертификации у разработки</p>
<p>Возможности В1. Выход на международный</p>	<p>Угрозы У1. Появление конкурентных</p>

рынок В2. Получение финансирования от заинтересованных инвесторов	разработок на территории РФ У2. Отсутствие интереса производителей
--	---

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 4.3. 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 «-».

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта	Сильные стороны проекта					
		С1.	С2.	С3.	С4.	С5.
	В1.	+	+	+	+	+
В2.	+	+	+	+	+	

Возможности проекта	Слабые стороны проекта			
		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	В1.	+	+	-
В2.	+	-	-	

Угрозы	Сильные стороны проекта					
		С1.	С2.	С3.	С4.	С5.
	У1.	+	-	-	0	-
У2.	+	+	-	-	+	

Угрозы	Слабые стороны проекта			
		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	У1.	-	0	+
У2.	+	-	+	

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 4.4).

Таблица 4.4 –SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны</p> <p>С1. Отсутствие конкурентов на территории России</p> <p>С2. Универсальность разработки для других сегментов рынка холодного проката</p> <p>С3. Безвредность для человека и окружающей среды, негорючесть</p> <p>С4. Повышенная стойкость в сложных условиях эксплуатации</p> <p>С5. Отсутствие необходимости изменять стандартные производственные процессы</p>	<p>Слабые стороны</p> <p>Сл1. Более дорогой метод по сравнению с существующим</p> <p>Сл2. Конкуренты за пределами РФ</p> <p>Сл3. Отсутствие сертификации у разработки</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Выход на международный рынок</p> <p>В2. Получение финансирования от заинтересованных инвесторов</p>	<p>Превосходные технические характеристики позволят заинтересовать производителей и получить от них финансирование; это позволит быстро освоить российский рынок и использовать потенциал для выхода на рынок за пределами РФ</p>	<p>Более дорогое сырье и отсутствие сертификации может негативно сказаться на интересе инвесторов;</p> <p>За рубежом уже есть конкурентные разработки со своим рынком сбыта – необходимо тщательно проработать план выхода и рассчитать рентабельность</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Появление конкурентных разработок на территории РФ</p> <p>У2. Отсутствие интереса производителей</p>	<p>Пока завершается исследование могут появиться аналоги на территории страны;</p> <p>На отсутствие интереса производителей необходимо влиять через показательную демонстрацию превосходства разработки над аналогами</p>	<p>Конкуренты могут выйти на рынок, пока проект проходит сертификацию;</p> <p>Производители могут не проявить должного интереса к проекту, если в сферу их интересов входит только краткосрочная выгода</p>

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и

выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполняется специальная форма, содержащая показатели степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциями разработчика научного проекта (таблица 4.5).

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 4.5 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	5	5
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2

Продолжение таблицы 4.5 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации			
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	5
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	61	64

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Результаты оценки показывают, что разработка является перспективной, а уровень имеющихся знаний у разработчика достаточны для успешной коммерциализации проекта. Для дальнейшего улучшения необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки и проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.

4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов проведенного исследования наиболее экономически обоснован метод организации совместного предприятия: поскольку для запуска производства нужны значительные финансовые средства и средства производства целесообразно организовать деятельность на базе существующего предприятия необходимого направления путем входа нового участника (разработчика проекта) в состав учредителей с внесением своей доли в уставный капитал в виде патента на разработку. Это позволит разработчику продолжать работу над усовершенствованием проекта с целью расширения рынка сбыта, участвовать в процессе выхода на международный рынок и получать свою долю прибыли.

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Производители лакокрасочных покрытий	Появление конкурентноспособного инновационного продукта
Покупатели и производители железнодорожного подвижного состава	Обеспечение стойкости и долговечности покрытия ж/д состава
Экологическое сообщество	Уменьшение негативного влияния на окружающую среду путем использования нового покрытия
Представители области охраны труда	Уменьшение вред для работников производств (при нанесении покрытия), для сотрудников ж/д в процессе эксплуатации

В таблице 4.7 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 4.7 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Исследование влияния минеральных добавок на свойства водно-дисперсионных лакокрасочных покрытий, в том числе адгезионную прочность покрытия в рецептурах промежуточной грунтовки для металлических поверхностей
Ожидаемые результаты проекта:	Выявлены наиболее эффективные составы, определены дозировки минеральных добавок
Критерии приемки результата проекта:	Представлены образцы, прошедшие серию испытаний
Требования к результату проекта:	Требование:
	Изучены составы, представленные в текущий момент на рынке, изучены их свойства;
	Разработаны и испытаны в лабораторных условиях составы с отличным от используемых покрытий составом;
	Проведена оценка сравнительной эффективности исследования;
	Результаты исследования подготовлены к защите.

В таблице 4.8 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 4.8 – Рабочая группа проекта

п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
.	Хабас Т.А., НИ ТПУ, доцент 0,5 ставки ИШНПТ	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
.	Мощенко Е.М., магистрант ИШНПТ	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, отбор проб, анализ и сравнение проб, подготовка составов, анализ лабораторных данных, написание работы	1600
ИТОГО:				2200

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованными в рамках данного проекта (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	869503,36
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2020-31.05.2022
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2020

Продолжение таблицы 4.9 – Ограничения проекта	
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2022

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Иерархическая структура работ

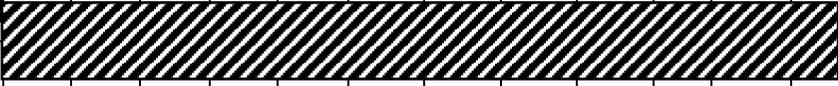
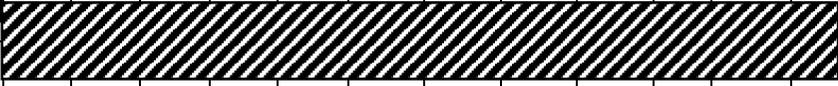
4.3.2 План проект

В рамках планирования научного проекта построен календарный график проекта (таблица 4.10, 4.11).

Таблица 4.10– Календарный план проекта

НАЗВАНИЕ	Длительность, дни	ДАТА НАЧАЛА РАБОТ	ДАТА ОКОНЧАНИЯ РАБОТ	СОСТАВ УЧАСТНИКОВ
УТВЕРЖДЕНИЕ ТЕМЫ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ	5	01.09.20	05.09.20	Мощенко Е.М. Хабас Т.А.
СОГЛАСОВАНИЕ ПЛАНА РАБОТ	10	06.09.20	15.09.20	Мощенко Е.М. Хабас Т.А.
ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	138	16.09.20	31.01.21	Мощенко Е.М.
ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	365	01.02.21	31.01.22	Мощенко Е.М. Хабас Т.А.
НАПИСАНИЕ ОТЧЕТА	120	01.02.22	31.05.22	Мощенко Е.М.
ИТОГО:	638			

Таблица 4.11 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2020				2021												2022					
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	
Утверждение темы магистерской диссертации																							
Согласование плана работ	0																						
ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	38																						
ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	65																						
НАПИСАНИЕ ОТЧЕТА	20																						



- Мощенко Е.М.



- Мощенко Е.М., Хабас Т.А.

4.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Специальное оборудование для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Научные и производственные командировки;
6. Накладные расходы.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов). В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 4.12).

Таблица 4.12 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага А4	2	300	600
Пишущие принадлежности	3	35	105
USB-флеш карта	1	1800	1800
Услуги печати	1	1200	1200
Перчатки защитные	13	50	650
Респиратор противоаэрозольный	4	80	320
Бумажные фильтры 100мкм, упак.	1	630	630
Тест-пластины металлические	10	60	600
Всего за материалы	5905		
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			295,25
Итого по статье			6200,25

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР. Стоимость оборудования, используемого при выполнении проекта и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в виде амортизационных отчислений при норме отчислений равной 10%, сроке использования по календарному плану – 365 дней (12 месяцев) (таблица 4.13).

Таблица 4.13 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Амортизационные отчисления, руб	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Ноутбук	1	43000	-	43000
2	Программное обеспечение MicrosoftOffice	1	6000	-	6000
3	Лабораторные весы	1	15000	1500	1500
4	Диссольвер лабораторный	1	575000	57500	57500
5	Вискозиметр	1	3600	360	360
6	Гриндометр	1	40200	4020	4020
7	Пневматический краскопульт	1	7000	700	700
8	Микроскоп электронный	1	10300	1030	1030
Итого, руб.:					114110

Расчет основной заработной платы. В настоящую статью включается основная заработная плата работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 4.14.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) работников рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где: $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Расчет заработной платы персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя при 5-дневной рабочей неделе. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 14.

Таблица 4.14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	99	99
- выходные дни	19	19
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	209	209

Так как по плану-графику период работы над проектом с 1.09.2020 по 31.05.2020, для руководителя длительность задействования в проекте составила 380 календарных дней, для исполнителя 638 календарных дней. Если ввести понятие «коэффициент календарности» и представить его как отношение действительного годового фонда рабочего времени к календарному числу дней в году, то для руководителя число рабочих дней ($T_{\text{раб}}$) составит 217 раб.дн., для исполнителя – 365 раб.дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b * (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}, \text{ где}$$

Z_b – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

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

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС) доцента кандидата наук в 2021 году без учета РК составил 33664 руб., поскольку руководитель работает на 0,5 ставки, то оклад равен 16832. Расчет основной заработной платы за период исследования приведен в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	Z_m , руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р.раб.}}$ дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	16832	1	0,02	1,3	22319,25	1179,15	217	255875,5
Магистрант	1923	-	-	1,3	2500	132	365	48180

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} * k_{\text{доп}}, \text{ где}$$

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 4.16 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.16 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	255875,5	48180
Дополнительная зарплата	30705,06	5781,6
Итого по статье $C_{\text{зп}}$	286580,56	53961,6

Отчисления на социальные нужды. Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \text{ где}$$

$k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчисления во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Отчисления на социальные нужды составляют:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 * (286580,56 + 53961,6) = 102163 \text{ рублей}$$

Научные и производственные командировки. В эту статью включаются расходы по командировкам исполнителя проекта, т.к. исследование проводилось на базе предприятия, располагающегося в г. Новосибирск. Величина затрат на командировки принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Затраты на научные и производственные командировки составляют 34054,22 руб.

Накладные расходы. Расчет накладных расходов произвели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (286580,56 + 53961,6) = 272433,73$$

где $K_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Таким образом, затраты проекта составляют 869503,36 руб., которые приведены в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям									
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Доп-ая заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиям	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итоговая стоимость
Данное исследование	6200,25	114110	304055,5	36486,66	102163	34054,22	-	-	272433,73	<u>869503,36</u>
Аналог	8500	743100	1260000	151200	423360	141120	-	-	1128960	3856240

4.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 2.

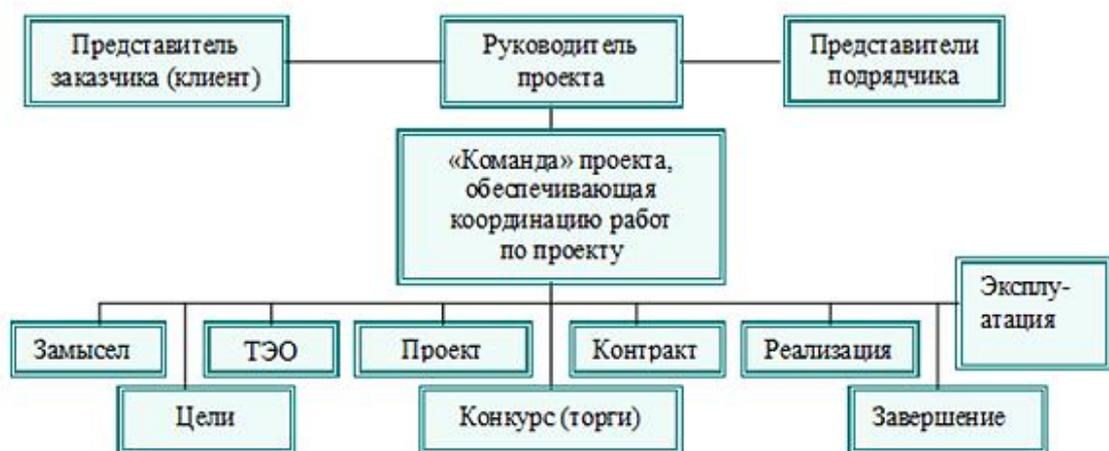


Рисунок 4.2 – Проектная структура проекта

4.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 4.19).

Таблица 4.19 – План управления коммуникациями

п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

4.4.3 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 4.20.

Таблица 4.20 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неточность проведенного анализа	2	5	Низкий	Проведение контрольных анализов	Ошибка в действиях во время анализа
2	Погрешность расчетов	2	5	Низкий	Проверка расчетов	Невнимательность исполнителя
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	3	5	Средний	Привлечение предприятий, публикация результатов	Непродуманная стратегия продвижения разработки

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

4.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где: $ЧДП_{ont}$ – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t= 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 4.21. При расчете рентабельность проекта равна 25 %.

$$\text{Выручка} = \text{себестоимость} * 1,25 = 869503,36 * 1,25 = 1086879,2$$

Таблица 4.21 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	1086879,2	1086879,2	1086879,2	1086879,2
2	Итого приток, руб.	0	1086879,2	1086879,2	1086879,2	1086879,2
3	Инвестиционные издержки, руб.	- 869503,36	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	304326,17	304326,17	304326,17	304326,17
5	Налогооблагаемая прибыль (1-4)	0	782553,03	782553,03	782553,03	782553,03
6	Налоги 20 %, руб. (5*20%)	0	156510,61	156510,61	156510,61	156510,61
8	Чистая прибыль, руб. (5-6)	0	626042,42	626042,42	626042,42	626042,42
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб. (чистая прибыль+амортизация)	- 869503,36	696052,42	696052,42	696052,42	696052,42
10	Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1	<u>0,833</u>	<u>0,694</u>	<u>0,578</u>	<u>0,482</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб. (9*10)	- 869503,36	579811,67	483060,38	402318,3	335497,27
12	Σ ЧДД		1800687,62 руб.			

13	Итого NPV, руб.	931184,26 руб.
----	-----------------	----------------

$NPV = 1800687,62 \text{ руб.} - 869503,36 = 931184,26 \text{ руб.} > 0$

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %;

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 931184,26 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиций, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1$$

где: ЧДД – чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{1800687,62}{869503,36} = 2,07$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или $= 0$. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности

инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 4.22 и на рисунке 4.3.

Таблица 4.22 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-869503,4	696052,42	696052,42	696052,42	696052,42	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,35	
	0,4	1	0,714	0,51	0,364	0,26	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,39	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,5	0,25	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-869503,4	632711,65	574939,30	522735,37	475403,80	1336286,76
	0,2	-869503,4	579811,67	483060,38	402318,30	335497,27	931184,25
	0,3	-869503,4	535264,31	412063,03	316703,85	243618,35	638146,18
	0,4	-869503,4	496981,43	354986,73	253363,08	180973,63	416801,51
	0,5	-869503,4	464266,96	309047,27	205335,46	137818,38	246964,72
	0,6	-869503,4	435032,76	271460,44	169836,79	106496,02	113322,66
	0,7	-869503,4	409278,82	233177,56	141298,64	77957,87	-7790,46
	0,8	-869503,4	387005,15	215080,20	119024,96	66124,98	-82268,07
	0,9	-869503,4	366123,57	192806,52	101623,65	53596,04	-155353,58
	1	-869503,4	348026,21	174013,11	87006,55	43155,25	-217302,24

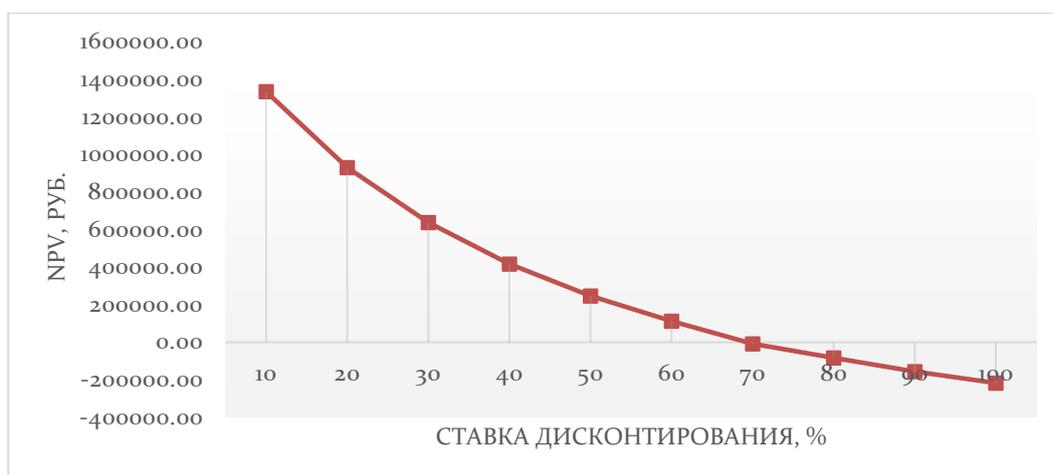


Рисунок 4.3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли».

Из графика получаем, что IRR составляет 0,70. $IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $70\% - 20\% = 50\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть времени, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 4.23).

Таблица 4.23 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный денежный поток (i руб.	-869503,36	579811,67	483060,38	402318,3	335497,27
2	То же нарастающим итогом, руб.	-869503,36	-289691,69	193368,69	595686,99	931184,26
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DP_{диск} = 1 + (289691,69 / 483060,38) = 1,6$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 4.24).

Таблица 4.24 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Компании, занимающие ж/д перевозками несут затраты по причине быстрой непригодности покрытия состава	Ж/д подвижной состав покрыт современным веществом, стойким к истиранию, мех. повреждениям и высокой температуре
Производители ж/д подвижного состава должны заказывать импортные лакокрасочные покрытия с высокой ценой	Современная отечественная разработка по более привлекательной цене – позволяет конкурировать с зарубежными производителями и выйти на международный рынок
Существующий риск причинения вреда здоровью человека и окружающей среде в процессе нанесения покрытий/эксплуатации продукции	Покрытие доказанно более безопасно на всех этапах жизненного цикла – от производства до утилизации

4.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

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

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

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

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го

варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 4.25.

Таблица 4.25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Соответствует требованиям потребителям	0,25	5	4	4
2. Надежность	0,2	5	5	2
3. Материалоемкость	0,15	4	4	5
4. Способствует увеличению экологической безопасности	0,15	5	4	2
5. Универсальность применения	0,25	5	4	4
Итого	1	24	21	17

$$I_m^p = 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 = 4,85$$

$$I_1^A = 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 = 4,2$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 = 3,45$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^p$ и аналога $I_{финр}^a$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}; I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где: $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 4.26.

Таблица 4.26 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,22	0,47	0,18
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	4,2	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	22,05	8,93	19,17
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,4	0,87

Выводы: Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость (NPV), которая равна 1800687,62 руб.; индекс доходности $PI = 2,07$, внутренняя ставка доходности $IRR = 70\%$, срок окупаемости $PP_{\text{дск}} = 1,6$ года.

Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

Список публикаций

Мощенко Е.М. Влияние минеральных добавок на свойства водно – дисперсионных лакокрасочных покрытий / Е.М. Мощенко; науч. рук. Т.А. Хабас // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXIII Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулева студентов и молодых ученых, 2022 г., г. Томск / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во ТПУ, 2022. — [С. 118-119].