

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

Школа _____ Инженерная школа природных ресурсов _____
Направление подготовки _____ 18.04.01 Химическая технология _____
Отделение школы (НОЦ) _____ Отделение химической инженерии _____

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Получение антикоррозионных покрытий на основе нитрованных нефтеполимерных смол

УДК 665.652.095.81:620.197.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ6А	Старовойт Мария Владимировна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бондалетова Л.И.	к.х.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Иностранный язык»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Рыманова И.Е.			

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына З.В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король И.С.	к.х.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бондалетова Л.И.	к.х.н., доцент		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять <i>глубокие</i> естественнонаучные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания <i>новых</i> материалов
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач
P3	Ставить и решать <i>инновационные задачи инженерного анализа</i> , связанные с созданием материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать химико-технологические процессы, <i>проектировать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование для создания материалов, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> в области создания <i>новых</i> материалов, современных химических технологий, нанотехнологий
P6	Внедрять, <i>эксплуатировать</i> современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать <i>глубокие знания по проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i>
P11	<i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Бондалетова Л.И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ6А	Старовойт Марии Владимировне

Тема работы:

Получение антикоррозионных покрытий на основе нитрованных нефтеполимерных смол

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 9666/С от 08.12.2017
---	------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2018
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>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 безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объекты исследования – нефтеполимерные смолы на основе фракции С₉, полученные разными способами полимеризации (в присутствии каталитического комплекса, в условиях термического инициирования и в присутствии радикальных инициаторов).</p>
<p>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></p>	<p>Литературный обзор Объекты и методы исследования Обсуждение результатов исследования Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>

	Социальная ответственность Заключение по работе
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Получение битумно-смоляных композиций на основе модифицированных нефтеполимерных смол	к.х.н., доцент Бондалетова Л.И.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.т.н., доцент Креницына З.В.
Социальная ответственность	к.х.н., доцент Король И.С.
Preparation of anticorrosion coatings based on nitrated petroleum polymer resins	ст. преподаватель Рыманова И.Е.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
На русском: Введение, Литературный обзор, Объекты и методы исследования	
На английском: Introduction, Literary Review, Objects and Methods of Research	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	1.09.2016
---	-----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Бондалетова Л.И.	к.х.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ6А	Старовойт Мария Владимировна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа изложена на 124 страницах, содержит 11 рисунков, 42 таблиц, 58 источников, одно приложение.

Ключевые слова: нефтеполимерная смола (НПС), нитрованная нефтеполимерная смола (N-НПС), аминированная нефтеполимерная смола (A-НПС), нитрование, аминирование, модификация, битумно-смоляная композиция.

Объектами исследования являются нефтеполимерные смолы на основе фракции C₉, полученные разными способами полимеризации: в присутствии каталитического комплекса (НПС_{C₉_ИОН}), в условиях термического инициирования (НПС_{C₉_ТЕРМ}) и в присутствии радикальных инициаторов (НПС_{C₉_ИН}).

Цель работы – получение модифицированных нефтеполимерных смол на основе ароматической фракции углеводородов C₉ путем их нитрования и последующего аминирования и получение защитных покрытий с улучшенными характеристиками на их основе.

В процессе исследования проводились: модификация нефтеполимерных смол; анализ полученных при этом смол и дальнейшее использование их в качестве компонентов битумно-смоляных композиций.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: процесс модификации протекает при относительно невысокой температуре (60 °С), малозатратен и прост в реализации.

Область применения: полученные результаты имеют практическую и теоретическую значимость, разработанные технологии могут быть востребованы, главным образом, в нефтеперерабатывающей и нефтедобывающей отраслях.

Экономическая значимость работы: проект эффективен и конкурентоспособен.

Нормативные ссылки

ГОСТ Р 52740-2007. Метод определения прочности покрытия при изгибе вокруг цилиндрического стержня.

ГОСТ 4765-73. Материалы лакокрасочные. Метод определения прочности при ударе.

ГОСТ 15140-78. Методы определения адгезии.

ГОСТ 32299-2013 (ИСО 4624:2002). Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом отрыва.

ГОСТ 32054-2013. Битумы нефтяные. Определение температуры размягчения по кольцу и шару.

ГОСТ 26589-94. Мастики кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний.

ГОСТ 9.403-80. (СТ СЭВ 5260-85) Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Методы испытаний на стойкость к статическому воздействию жидкостей.

ГОСТ 9.401-91. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов.

ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.003–83. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения.

ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда.

Обозначения и сокращения

НПС – нефтеполимерная смола;

N-НПС – нитрованная нефтеполимерная смола;

A-НПС – аминированная нефтеполимерная смола;

НПС_{C₉_ИН} – ароматическая нефтеполимерная смола на основе фракции C₉ жидких продуктов пиролиза, синтезированная в присутствии радикальных инициаторов;

НПС_{C₉_ИОН} – ароматическая нефтеполимерная смола на основе фракции C₉ жидких продуктов пиролиза, синтезированная в присутствии каталитического комплекса;

НПС_{C₉_ТЕРМ} – ароматическая нефтеполимерная смола на основе фракции C₉ жидких продуктов пиролиза, синтезированная в условиях термического инициирования;

N-НПС_{C₉_ИН} – нитрованная ароматическая нефтеполимерная смола на основе фракции C₉ жидких продуктов пиролиза, синтезированная в присутствии радикальных инициаторов;

N-НПС_{C₉_ИОН} – нитрованная ароматическая нефтеполимерная смола на основе фракции C₉ жидких продуктов пиролиза, синтезированная в присутствии каталитического комплекса;

N-НПС_{C₉_ТЕРМ} – нитрованная ароматическая нефтеполимерная смола на основе фракции C₉ жидких продуктов пиролиза, синтезированная в условиях термического инициирования;

A-НПС_{C₉_ИН} – аминированная ароматическая нефтеполимерная смола на основе фракции C₉ жидких продуктов пиролиза, синтезированная в присутствии радикальных инициаторов;

A-НПС_{C₉_ИОН} – аминированная ароматическая нефтеполимерная смола на основе фракции C₉ жидких продуктов пиролиза, синтезированная в присутствии каталитического комплекса;

A-НПС_{C₉_ТЕРМ} – аминированная ароматическая нефтеполимерная смола

на основе фракции С₉ жидких продуктов пиролиза, синтезированная в условиях термического инициирования;

БСК – битумно-смоляные композиции;

БЧ – бромное число;

КЧ – кислотное число;

ИК-спектроскопия – инфракрасная спектроскопия.

Содержание

Введение.....	15
1. Литературный обзор	17
1.1. Общие сведения о нефтеполимерных смолах.....	17
1.2. Свойства.....	18
1.3. Модификация.....	19
1.3.1. Модификация исходного сырья.....	19
1.3.2. Модификация смол	21
1.4. Композиции на основе битума.....	25
1.4.1. Модификации битумов. Композиции	26
2. Экспериментальная часть	28
2.1. Объекты исследования.....	28
2.2. Синтез нефтеполимерных смол	30
2.3. Модификация нефтеполимерных смол	32
2.3.1. Нитрование смол	32
2.3.2. Аминирование нефтеполимерных смол.....	34
2.4. Получение битумно-смоляных композиций.....	36
2.5. Получение лакокрасочного покрытия	37
2.6. Стандартные пластинки для покрытия.....	37
2.6.1. Подготовка окрашиваемой поверхности	38
2.6.2. Методика получения покрытия.....	38
2.7. Методы определения адгезии.....	39
2.7.1. Метод решетчатых надрезов	39
2.7.2. Определение адгезии методом отрыва.....	42
2.8. Метод определения прочности при ударе.....	43
2.9. Метод определения прочности на изгиб	44
2.10. Определение влагопоглощения покрытия	45
2.11. Определение кислотостойкости.....	46
2.12. Коррозионная стойкость	47

2.13. Определение щелочестойкости	47
2.14. Определение стойкости к воздействию переменной температуры и повышенной влажности.....	48
2.15. Определение кислотного числа.....	50
2.16. Определение бромного числа.....	52
2.17. Исследование структуры с помощью ИК-спектроскопии.....	54
2.18. Определение молекулярной массы.....	55
3. Обсуждение результатов.....	59
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	81
4.1. Предпроектный анализ.....	81
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	81
4.1.2. Диаграмма Исикавы	81
4.1.3. Оценка готовности проекта к коммерциализации	82
4.1.4. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	84
4.2. Инициация проекта.....	85
4.2.1. Организационная структура проекта.....	86
4.2.2. Ограничения и допущения проекта.....	88
4.2.3. Планирование управления научно-техническим проектом.....	89
4.2.4. Иерархическая структура работ проекта	89
4.2.5. Контрольные события проекта.....	91
4.2.6. План проекта	91
4.2.7. Бюджет научного исследования	94
4.2.8. Матрица ответственности.....	100
4.2.9. Реестр рисков проекта.....	101
4.2.10. План управления контрактами и поставками	102
4.3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ...	104
4.3.1. Оценка сравнительной эффективности исследования	104

5	Социальная ответственность	107
5.1	Оценка условий производственной среды	107
5.2	Защита от опасных и вредных факторов	107
5.3	Уровень шума и вибрации	109
5.4.	Освещенность рабочих мест	110
5.5	Электробезопасность	111
5.6	Пожарная безопасность	112
5.7	Первичные средства пожаротушения	113
5.8	Требования к микроклимату рабочих помещений	114
5.9	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	114
5.10	Помещения и окружающая среда	115
5.11	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	117
	Заключение	121
	Список публикаций	123
	Список литературы	124
	Приложение А	131

Введение

Коррозия промышленного оборудования и трубопроводов в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслях является одной из важнейших проблем. Именно из-за коррозионного износа происходит около 70 % зафиксированных аварий, что приводит к огромным убыткам [1].

На сегодняшний день существует несколько способов защиты нефтегазовых сооружений от коррозии. К одному из них относят нанесение сплошного защитного покрытия из битумов и различного типа ингибиторов коррозии. В качестве ингибиторов часто используются углеводороды, содержащие атомы кислорода, серы, азота и фосфора, которые хорошо совмещаются со структурой битумов. В роли ингибитора также могут выступать нефтеполимерные смолы.

Нефтеполимерные смолы – низкомолекулярные термопластичные полимеры, получаемые полимеризацией жидких продуктов пиролиза нефтепродуктов и используемые, в основном, как вещества, повышающие клейкость, водостойкость, химстойкость в клеях, красках, чернилах и других материалах. Помимо достоинств нефтеполимерные смолы, которые не содержат в своем составе функциональные группы, имеют и недостатки. Главные из них – низкая адгезия и высокая окисляемость, и, следовательно, отсутствие требуемого комплекса свойств, что существенно сужает область их применения.

Актуальность. Улучшение физико-химических свойств НПС и расширение области применения нефтеполимерных смол могут быть достигнуты путем их модификации – введением различных функциональных групп в молекулярную структуру. Химическая модификация НПС осуществляется их нитрованием, окислением, озонированием, сульфированием и т.д.

Исследование получения коррозионностойких покрытий на основе нитрованных и аминированных нефтеполимерных смол является

актуальностью данной работы, поскольку на настоящий момент эта проблема недостаточно изучена.

Целью данной работы является получение модифицированных нефтеполимерных смол на основе ароматической фракции углеводородов C_9 путем их нитрования и последующего аминирования и получение защитных покрытий с улучшенными характеристиками на их основе.

Научная новизна

1. Нитрование НПС приводит к получению модифицированных смол, содержащих как нитрогруппы, так и карбоксильные функциональные группы;

2. Модифицированные смолы обладают лучшей прочностью при ударе и адгезией к металлу.

Практическая значимость.

1. Разработаны битумно-смоляные композиции с содержанием от 1 до 15 % смол с улучшенными адгезионными характеристиками, увеличивающимися от 23 до 31 кг/см².

2. Получены битумно-смоляные композиции с высокими показателями прочности при ударе и изгибе.

Апробация работы. Материалы работы докладывались на XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени Л.П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке» (Томск, 2018); на XXII Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2018).

1. Литературный обзор

1.1. Общие сведения о нефтеполимерных смолах

Большинство нефтеполимерных смол - твердые аморфные термопластичные продукты с молекулярными массами 500-2500 и температурой размягчения 70-150 °С. Также производят и вязкотекучие НПС (молекулярная масса которых около 300). Нефтеполимерные смолы высокого качества бесцветны или слегка желтоватого цвета; их цвет мало изменяется при нагревании. Плотность нефтеполимерных смол около 0,93-1,1 г/см³.

Нефтеполимерные смолы (пиропласт, эскорез, норсолен, бетапрен, импрез, карборезин, петрозин и др.), продукты полимеризации арилалкен-, диен-, циклодиен-, олефин- и циклоолефинсодержащего нефтяного сырья. Последним служат фракции C₅, C₈ – C₁₀, пиролиза бензинов, газойлей, дизельных топлив и т.п., а также смеси различных фракций между собой и с индивидуальными мономерами (например, пипериленом, стиролом, циклопентадиеном, инденом). Состав фракций зависит от условий пиролиза и типа сырья. Ароматические НПС получают полимеризацией углеводородов фракции C₈ - C₁₀, алифатические – фракции C₅.

Нефтеполимерные смолы хорошо растворяются в углеводородах, кетонах и сложных эфирах уксусной кислоты, не растворимы в низших спиртах. Алифатические нефтеполимерные смолы хорошо совместимы с растительными и нефтяными маслами, жирными алкидными смолами, но с касторовым маслом, нитроцеллюлозой и нитрильными каучуками не совместимы. Ароматические нефтеполимерные смолы совместимы с глицериновым эфиром канифоли, хлорированными полимерами, при определенных условиях - с растительными маслами.

Нефтеполимерные смолы склонны к окислению на воздухе, при этом уменьшается их ненасыщенность, образуются кислородсодержащие группы и увеличивается их молярная масса. Нефтеполимерные смолы подвергают гидрированию для повышения их устойчивости к окислению. Модифицируют их непредельными соединениями – малеиновым

ангидридом, жирными кислотами, растительными маслами и т.п.

1.2. Свойства

Основными физико-химическими характеристиками НПС являются: цветность, плотность, растворимость в различных растворителях, средняя молекулярная масса.

В зависимости от области применения, к НПС предъявляют те или иные требования. Однако, поскольку НПС используются в основном не самостоятельно, а в качестве компонента композиций или в виде раствора, то наиболее важными их свойствами считают совместимость с теми или иными компонентами и растворимость в определенных растворителях. НПС хорошо растворимы в ароматических углеводородах, циклопарафинах, парафинах, сложных эфирах и других растворителях. Как правило, они плохо растворяются или не растворяются в кетонах, спиртах, а также в гликолях и простых эфирах. НПС хорошо совместимы как с природными, так и с синтетическими смолами: алкидными, фенольными, полистиролом, каучуками.

НПС по внешнему виду похожи на природные, могут быть бесцветны или окрашены от бледно-желтого до темно-коричневого цвета.

Алифатические нефтеполимерные смолы по сравнению с ароматическими имеют меньший показатель преломления и плотность. А также они немного проигрывают в стойкости.

Средняя молекулярная масса НПС лежит в пределах от 500 до 2500 и зависит от условий полимеризации исходного сырья и его состава. Снижение температуры полимеризации говорит о том, что средняя молекулярная масса увеличивается.

Алифатические НПС совместимы растительными и нефтяными смолами, с жирными алкидными смолами, но не совместимы с касторовым маслом и нитроцеллюлозой. Ароматические НПС совместимы с

хлорированными полимерами, глицериновым эфиром канифоли, при определенных условиях – с растительными маслами.

1.3. Модификация

НПС обладают такими достоинствами, как способность к пленкообразованию, хорошая водостойкость и температура размягчения. Однако, НПС, не содержащие в своей структуре функциональные группы, кроме ненасыщенных связей, имеют и недостатки. Главные из них – высокая окисляемость и низкая адгезия, а это сужает область их практического применения. Улучшение значений свойств НПС осуществляют по двум направлениям – модификацией исходного сырья различными мономерами: винилацетатом, метилметакрилатом, акриловой и метакриловой кислотой с последующей их сополимеризацией с непредельными компонентами фракций, а также модификации собственно НПС. Также улучшение характеристик смол можно получить химической модификацией синтезированных олигомеров разными ненасыщенными соединениями, чаще всего малеиновым ангидридом, ненасыщенными многоосновными кислотами, триглицеридами жирных кислот (растительными маслами), а также в результате физической модификации [3].

1.3.1. Модификация исходного сырья

Установлено, что добавление к фракциям С₄ и С₅ циклопентена и циклогексена увеличивает содержание алициклических структур в составе смол, что дает возможность регулировать температуру размягчения НПС, улучшает их адгезионные характеристики. Добавление циклопентена и диизобутилена к пиперилу в определенном соотношении позволяет получить смолу, которая будет хорошо совместима с этиленвинилацетатным сополимером и парафином [2].

Сополимеризация непредельных компонентов фракций ЖПП с

метил- и бутилметакрилатом в присутствии тетрахлорида титана и каталитической системы тетрахлорид титана – диэтилалюминийхлорид позволяет получить более темные модифицированные НПС, совместимые с окисленными растительными маслами, а пленки на их основе обладают более высоким значением адгезии и эластичности по сравнению с исходными НПС [4].

Смолы с высокой температурой размягчения рекомендуется полимеризовать под действием катализатора Фриделя – Крафтса, продукта крекинга нефти, содержащего смесь C_5 - и (или) C_6 -олефинов и диолефинов с полимером, полученным термической или каталитической полимеризацией димера алкилциклопентадиена или дициклопентадиена в ароматическом растворителе. К полимеризуемой смеси также можно добавить реакционно-способные изо-олефины. Полимеризация фракции продуктов пиролиза в присутствии модифицирующей добавки, низкомолекулярного полиэтилена, позволяет получить НПС, приводит к исключению пылеобразования при ее грануляции и использовании. Углеводородную смолу рекомендовано получать полимеризацией смеси ненасыщенных углеводородов крекинга нефти и α,β -ненасыщенных кислот (малеиновой, фумаровой, итаконовой, акриловой, метакриловой, кротоновой) или их ангидридов (1,5-10,0% от массы углеводородов) при 70-150 °С под действием катализатора 2,2-азо-бис-бутиронитрила, гидропероксида кумола или трет-бутилпербензоата [2]. Такая смола будет хорошо растворимой в щелочи и спиртах; возможно использование для проклейки бумаги.

Также возможна модификация исходного сырья малеиновым ангидридом. Смесь фракций C_5 и C_9 рекомендуется полимеризовать с последовательным добавлением катализаторов и малеинового ангидрида. При этом малеиновый ангидрид легко взаимодействует с диенами с образованием аддуктов и предотвращает появление большого количества побочных маслообразных продуктов. Установлено, что добавление малеинового ангидрида в количестве 0,2-0,5% получают смолы с

температурой размягчения более 100 °С [2].

1.3.2. Модификация смол

Нефтеполимерную смолу, на основе которой вырабатывают высокоэффективный проклеивающий состав, получают модификацией смолы на базе фракций C₅ и C₉ продуктов термического крекинга нефти малеиновым ангидридом и мочевиной [2].

Модификация НПС малеиновым ангидридом в присутствии различных добавок (органических фосфатов, металлов II группы, углекислого газа) приводит к получению смолы с высокой стойкостью к повышенным температурам и атмосферным воздействиям[4]. НПС обрабатывают α,β-ненасыщенными многоосновными кислотами для улучшения проклеивающих свойств составов, водостойкости.

НПС, на основе которой вырабатывают высокоэффективный проклеивающий состав, получают путем модификации смолы на основе фракций C₅ и C₉ продуктов термического крекинга нефти мочевиной и малеиновым ангидридом.

Рекомендована обработка НПС малеиновым ангидридом в количестве 15% при температуре 180-200 °С в течение 12 ч для полного подавления их окисляемости. Устойчивость модифицированных МАН смол к кислороду можно объяснить тем, что малеиновый ангидрид блокирует сопряженные двойные связи ненасыщенных соединений смолы, по которым происходит присоединение кислорода [2]. Малеинизация в токе СО₂ продуктов крекинга нефти с температурой кипения выше 150°С и последующая модификация смолы пентаэритритом, глицерином, фталевым ангидридом пропиленгликолем, и соевым маслом приводит к получению продукта, который применим для пропитки бумаги и волокнистых плит. При этом происходит улучшение таких качеств материалов, как водостойкость, влагостойкость, блеск, прочность, стойкость к щелочам и кислотам,

повышению их электроизоляционных свойств [2].

В нескольких источниках предусмотрена обработка нефтеполимерных смол кислотами с последующим добавлением других модификаторов. Так, смолу, состоящую главным образом из звеньев циклических диенов и небольшого количества звеньев других ненасыщенных мономеров (пропилен, бутен, бутадиен, пентен и др.), карбоксилируют α,β -ненасыщенной поликарбоновой кислотой $C_4 - C_8$, ее эфиром или ангидридом и затем в готовый продукт вводят природные смолы в количестве 2-50%, например канифоли, для повышения липкости. Смолы, полученные катионной полимеризацией в расплаве циклоалифатических диенов C_5-C_{12} , подвергают модификации ненасыщенными карбоновыми кислотами или их ангидридами и после дополнительно обрабатывают их фенолами. Такие смолы могут быть использованы в связующих для печатных красок. Нефтеполимерную смолу, синтезированную аналогичным способом, также используют в приготовлении эмульсий [2].

Смолу, полученную термической полимеризацией и состоящую в основном из звеньев циклопентадиена или метилциклопентадиена, предлагается модифицировать при температуре 150-325 °С ненасыщенной жирной кислотой (5—50%), оксидом, карбоксилатом или олеатом металла (0,05-5,00%). В качестве кислот можно применять жирные кислоты таллового масла в смеси с жирными кислотами соевого масла и олеиновой кислотой [2].

Модифицированную смолу с высокими атмосферостойкостью, термостабильностью и температурой размягчения синтезируют взаимодействием ненасыщенного мономера (акриловая и метакриловая кислота или их эфиры, винилацетат, стирол, фумаровая или итаконовая кислота, цитраконовый или малеиновый ангидрид), олефиновой петролейной смолы и эфира фосфорной кислоты.

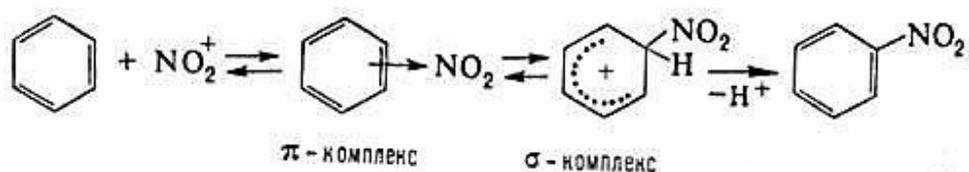
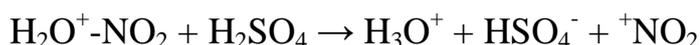
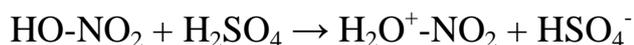
В качестве примера сложной модифицированной нефтеполимерной смолы можно привести смолу, предложенную для изготовления клея для

проклейки бумаги улучшенного качества. Такую смолу получают путем полимеризации фракции C₄ или C₅ (или их смеси) под действием катализатора Фриделя-Крафтса, синтезированную ненасыщенную нефтеполимерную смолу модифицируют сначала α,β-ненасыщенными многоосновными кислотами, а затем мочевиной или аммиаком, после чего вводят вещество, выделенное из таллового масла, канифоли и их производных [2].

Одним из вариантов модификации является отверждение тетрабутоксититаном. Применение тетрабутоксититана в качестве отвердителя позволяет снизить температуру структурирования, повышает адгезию, но ухудшает показатели прочности при изгибе.

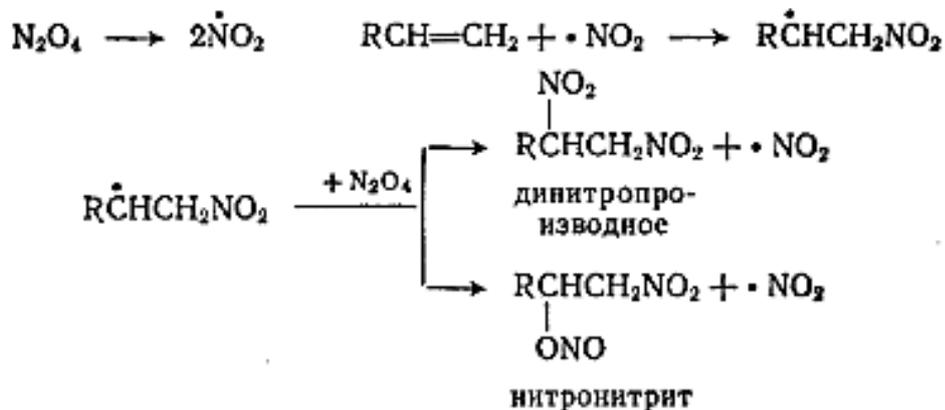
В данной работе была исследована модификация нефтеполимерных смол на основе фракции C₉ путем нитрования и дальнейшего восстановления нитрогрупп до аминогрупп [12]. Нитрование позволяет улучшить адгезию и прочность при ударе, а аминирование повышает термостойкость и помогает защитить покрытие от старения.

Реакция электрофильного нитрования соединений является одной из наиболее изученных реакций ароматического замещения. Для препаративных целей нитрование, как правило, проводят смесью концентрированных азотной и серной кислот в мольном соотношении 1:1, так называемой нитрующей смесью при температуре 60-70 °С [2]. На первой стадии реакции происходит образование иона нитрония ⁺NO₂, который и является электрофильным агентом:

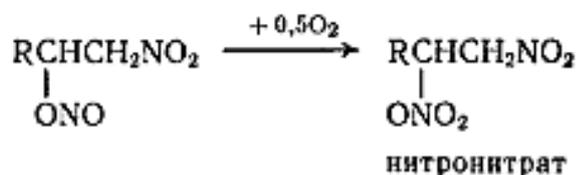


Реакция нитрования олефиновых углеводородов протекает по радикально-цепному механизму. Алканы реагируют с 10% раствором

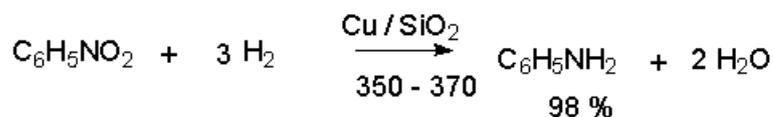
азотной кислоты при температуре 140 °С и небольшом давлении [4].



При одновременном введении воздуха кислород окисляет нитронитрит в соответствующий нитронитрат:



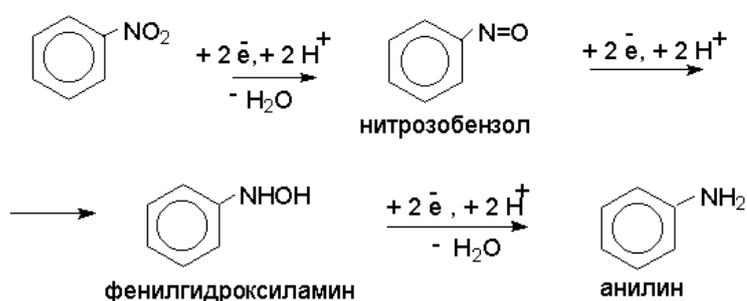
В настоящее время в промышленных условиях для восстановления нитрогруппы в ароматических углеводородах до аминогруппы применяется чаще всего каталитическое гидрирование. В качестве катализатора используется медь на силикагеле в качестве носителя. Катализатор готовят нанесением карбоната меди из суспензии в растворе силиката натрия и последующим восстановлением водородом при нагревании. Выход анилина над этим катализатором составляет около 98 % [4].



В промышленном гидрировании нитробензола до анилина в качестве катализатора иногда используют никель в комбинации с оксидами ванадия и алюминия. Такой катализатор эффективен в интервале 250-300 °С и легко регенерируется окислением воздуха. Выход анилина и других аминов может составлять 97-98 %. Восстановление нитрогрупп до аминогрупп может сопровождаться гидрированием бензольного кольца. По этой причине для получения ароматических аминов избегают использовать в качестве катализаторов платину, палладий или никель Ренея [4].

Другим методом восстановления нитросоединений является восстановление металлом в кислой или щелочной среде.

При восстановлении в кислой среде в качестве восстановителя применяют железо, олово или цинк и соляную кислоту. Восстановление нитросоединений до первичных аминов в кислой среде происходит по ступеням и включает три стадии с переносом двух электронов на каждой стадии [12]. В качестве растворителя используют смесь бутанола и сольвента в мольном соотношении 1:9.



Под действием кислой среды промежуточные продукты быстро восстанавливаются до конечного продукта анилина, и их не удается выделить в индивидуальном виде. Однако, в апротонных растворителях в нейтральной среде возможна фиксация промежуточных продуктов восстановления.

1.4. Композиции на основе битума

Битумы – это твердые или смолоподобные продукты, представляющие собой сложную смесь углеводородов и их производных (соединений углеводородов с серой, кислородом и азотом). Битумы не растворимы в воде, частично или полностью растворимы в бензоле, сероуглероде, хлороформе и некоторых других органических растворителях.

Элементарный состав битумов колеблется в пределах: углерод 70-80 %, водород 10-15 %, сера 2-9 %, кислород 1-5 %, азот 0-2 %. Химический состав битумов весьма сложен. Так, в них могут находиться предельные углеводороды от C_9H_{20} до $\text{C}_{30}\text{H}_{62}$. Все соединения, образующие битум, можно разделить на три группы: твердая часть, смолы и масла.

Твердая часть битума – это асфальтены, высокомолекулярные углеводороды и их производные с молекулярной массой 1000-5000 г/моль, плотностью более 1 г/см³. В асфальтенах содержатся карбены, растворимые только в CCl₄, и карбоиды, не растворимые в маслах и летучих растворителях. В состав битумов могут входить также парафины.

Смолы представляют собой аморфные вещества темно-коричневого цвета с молекулярной массой 500-1000 г/моль, плотностью около 1 г/см³.

Масляные фракции битумов состоят из различных углеводородов с молекулярной массой 100-500 г/моль, плотностью менее 1 г/см³.

Битумы по своему происхождению бывают природными и искусственными (техническими), полученными при переработке нефти, торфа, углей и сланцев.

1.4.1. Модификации битумов. Композиции

Наиболее применяемый метод модификации битумов для улучшения качественных характеристик дорожного покрытия – это добавление резиновой крошки и атактического полипропилена. Технология подобной модификации требует нагрева продукта до температуры выше 180 °С, что ведет за собой как дополнительно окисление (старение) битума и ухудшение ряда его свойств, так и разрушение структуры. [5] Поэтому готовый продукт имеет некоторое увеличение температуры размягчения, но теряет эластичность. Другой распространенный метод модификации это добавление нефтеполимерных смол – ароматических, алифатических, кумароноинденовых (фракции C₅–C₉), а также их гидрогенизированных модификаций. [13]

Нефтеполимерные смолы при растворении в битумных композициях позволяют повысить поверхностную активность композиций. [13] Смолы являются отличным компонентом для производства грунтовок, мастик, клеевых композиций. Также использование смол в качестве самостоятельных модификаторов позволяет значительно повысить температуру размягчения

битума , повысить его твердость [41].

2. Экспериментальная часть

2.1. Объекты исследования

1. *Нефтеполимерные смолы* на основе ароматической фракции C_9 , полученные разными способами полимеризации (производитель – ООО «Омск-полимер», г. Омск).

2. *Серная кислота H_2SO_4* – сильная двухосновная кислота. Реактивная серная кислота имеет обычно плотность $1,84 \text{ г/см}^3$ и содержит около 95 % H_2SO_4 . Затвердевает она лишь ниже $-20 \text{ }^\circ\text{C}$. $T_{\text{плав}}$ моногидрата равна $10,37 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{\text{кип}}$ равна $337 \text{ }^\circ\text{C}$, молярная масса $98,079 \text{ г/моль}$ [28].

3. *Диэтилалюминий хлорид $Al(C_2H_5)_2Cl$ (ДЭАХ)* – бесцветная или желтого цвета жидкость, прозрачная. Молекулярная масса $120,55 \text{ г/моль}$. Плотность $0,971 \text{ г/см}^3$; $T_{\text{кип}}$: $125 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_{\text{плав}}$: $-74 \text{ }^\circ\text{C}$. Вещество является пирофорной жидкостью, при взаимодействии с кислотами, водой и спиртами приводит к взрыву. На воздухе дымит, самовоспламеняется, мгновенно разлагается [28].

4. *Тетрахлорид титана $TiCl_4$* – бесцветная или светло-желтая жидкость с резким запахом. Молярная масса $189,679 \text{ г/моль}$; плотность: $1,725 \text{ г/см}^3$; $T_{\text{кип}}$: $136,4 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_{\text{плав}}$: $-24 \text{ }^\circ\text{C}$. Вещество разлагается при разогреве или при сжигании с образованием токсичных паров, в том числе хлористого водорода. Реагирует бурно с водой с выделением тепла и едких паров хлористого водорода [28].

5. *Ацетон C_3H_6O* – бесцветная летучая легковоспламеняющаяся жидкость со специфическим запахом. Молярная масса $58,08 \text{ г/моль}$; плотность: $0,859 \text{ г/см}^3$; $T_{\text{кип}}$: $56 \text{ }^\circ\text{C}$; $T_{\text{плав}}$: $-95 \text{ }^\circ\text{C}$. Данная жидкость хорошо смешивается с водой и органическими растворителями, такими как эфир, этанол, метанол [28].

6. *Бром Br_2* – химически активный неметалл, относится к группе галогенов. Простое вещество при нормальных условиях – тяжёлая едкая жидкость красно-бурого цвета с сильным неприятным запахом, легко

образует желто-бурые пары. Бром растворим в воде. Плотность: 3,19 г/см³ (при 0 °С). $T_{\text{плав}}$: минус 7,2 °С, $T_{\text{кип}}$: 58,8 °С, при кипении бром превращается из жидкости в буро-коричневые пары, при вдыхании раздражающие дыхательные пути [28].

7. *Иодид калия KI* – йодистый калий, калиевая соль йодоводородной кислоты. Бесцветная кристаллическая соль, широко используемая в качестве источника йодид-ионов. Менее гигроскопична, чем йодид натрия. На свету или при нагревании на воздухе желтеет из-за окисления кислородом воздуха йодид-ионов до элементарного йода. Молярная масса 166,0028 г/моль, плотность: 3,13 г/см³ [28].

8. *Тиосульфат натрия Na₂S₂O₃* – сульфидтриоксосульфат натрия, антихлор, гипосульфит, соль натрия и тиосерной кислоты, образует кристаллогидрат Na₂S₂O₃·5H₂O. Молярная масса 158,11 г/моль, плотность: 1,715 г/см³ [28].

9. *Гидроксид калия KOH* – бесцветные, очень гигроскопичны кристаллы, но гигроскопичность меньше, чем у гидроксида натрия. Водные растворы KOH имеют сильнощелочную реакцию. Молярная масса 56,1056 г/моль, плотность: 2,1 г/см³ [28].

10. *Соляная кислота HCl* – хлороводородная, хлористоводородная, хлористый водород, раствор хлороводорода в воде; сильная одноосновная кислота. Бесцветная (техническая соляная кислота желтоватая из-за примесей Fe, Cl₂ и др.), «дымящая» на воздухе, едкая жидкость. Максимальная концентрация при 20 °С равна 38 % по массе, плотность такого раствора 1,19 г/см³. Молярная масса 36,46 г/моль [28].

11. *Фенолфталеин C₂₀H₁₄O₄* – 3,3-бис-(4-гидроксифенил)фталид или 4,4'-диоксифталофенон – трифенилметановый краситель, кислотно-основный индикатор, изменяющий окраску от бесцветной (при pH < 8,2) до красно-фиолетовой, «малиновой» (в щелочной); но в концентрированной щелочи – вновь бесцветен. В концентрированной серной кислоте образует розовый катион. Вещество представляет собой бесцветные кристаллы, плохо

растворимые в воде, но хорошо – в спирте и диэтиловом эфире. Молярная масса 318,31 г/моль, плотность: 1,3 г/см³ [28].

12. Нефтяной строительный битум 90/10 ГОСТ 22245-90 (производитель – ООО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез», г. Кстово).

2.2. Синтез нефтеполимерных смол

2.3. Модификация нефтеполимерных смол

2.3.1. Нитрование смол

2.3.2. Амнирование нефтеполимерных смол

2.4. Получение битумно-смоляных композиций

Получения битумно-смоляной композиции сводится к равномерному смешению 40 %-ого раствора исследуемой смолы в сольвенте и 40 %-ого раствора битума в сольвенте в заданных пропорциях при комнатной температуре.

Приготовление 8 г раствора битумно-смоляной композиции осуществляется по рецептуре, представленной в таблице 1.

Пример приготовления композиции с 1% НПС:

Пенициллинку устанавливают на аналитических весах и пипеткой или пипеточным дозатором аккуратно по каплям вносится рассчитанное количество раствора нефтеполимерной смолы, а затем раствора битума. Содержимое пенициллинки тщательно перемешивают стеклянной палочкой.

Таблица 1 – Состав битумно-смоляной композиции

Содержание смолы в композиции, %	m раствора смолы, г	m раствора битума, г
1	0,08	7,92
3	0,24	7,76
7	0,56	7,44
10	0,80	7,20
15	1,20	6,80

Покрyтия полученных композиций были исследованы на технические свойства и антикоррозионную эффективность.

2.5. Получение лакокрасочного покрытия

Получение лакокрасочного покрытия проводили по методике, приведенной в ГОСТ 8832-76. Для получения лакокрасочного покрытия на окрашиваемой поверхности применяли:

- аппликатор (рисунок 1) общей длиной 50-100 мм, со щелями высотой 0,06 - 0,30 мм; допускается применять аппликаторы и других размеров и типов:

- шкурку шлифовальную № 4-6;
- прибор для измерения толщины покрытий;
- технический ацетон (ГОСТ 2768-84);
- технический этиловый спирт (ГОСТ 17299-78).

2.6. Стандартные пластинки для покрытия

В зависимости от метода испытания и испытуемого лакокрасочного материала применяют подложки в соответствии с таблицей 2.

Окрашиваемую поверхность использовали в виде пластины.

Таблица 2 – Выбор подложки

Материал подложки	Толщина, мм	Метод испытания покрытий
Стеклянные пластинки специального назначения	1,2 - 1,8	Определение времени и степени высыхания, твердости, блеска, укрывистости, прочности к истиранию и др. методы испытания
Сталь листовая марки 08кп и 08пс	0,8 - 1,0	Определение прочности при ударе, адгезии, толщины пленки и др. методы испытания
Листы и ленты алюминиевые	0,25 - 0,3	Испытание на изгиб

2.6.1. Подготовка окрашиваемой поверхности

1. Тщательно очищали окрашиваемую поверхность от жировых и других загрязнений.
2. Пластинки стали подвергали механической обработке абразивным инструментом вручную.
3. Пластинки после механической очистки промывали нефрасом и уайт-спиритом, протирали мягкой хлопчатобумажной тканью, которая не оставляет на поверхности волокон, и высушивали.
4. Пластинки из алюминия протирали мягкой тканью, смоченной ацетоном, затем вытирали и высушивали.
5. Чистоту пластинок проверяли, проводя по поверхности ватным тампоном. При этом тампон не должен загрязняться.
6. Очищенные пластинки хранили перед окрашиванием в защищенном от пыли месте.
7. Допускается подготавливать поверхность пластинок перед окрашиванием другими методами, указанными в нормативно-технической документации на испытуемый материал или на соответствующий метод испытания.

2.6.2. Методика получения покрытия

1. Покрытие для испытания получали нанесением слоя лакокрасочного материала на окрашиваемую поверхность, подготовленную в соответствии с разделом 2.6.1, и последующей сушкой этого слоя.
2. Лакокрасочный материал перед нанесением на окрашиваемую поверхность тщательно размешивали.
3. При наличии пленки на поверхности материала ее предварительно удаляли.
4. Лакокрасочный материал наносили аппликатором в вентилируемом помещении при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности воздуха (65 ± 5) %.

Нанесение лакокрасочного материала аппликатором

На горизонтальную поверхность положили лист бумаги. Плоскую металлическую пластинку поместили на лист бумаги так, чтобы она не сдвигалась при перемещении по ней аппликатора.

Аппликатор поместили на край пластинки; высота щели при этом обеспечивали необходимую толщину слоя лакокрасочного материала.

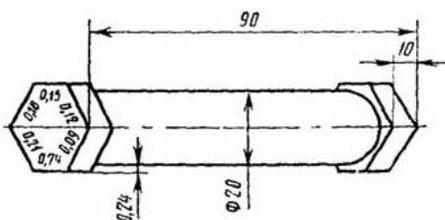


Рисунок 1 – Аппликатор

Перед щелью налили 2 - 5 мл испытуемого материала и перемещали аппликатор по пластинке с равномерной скоростью 5 - 10 см/с, распределяя испытуемый материал непрерывным слоем на пластинке.

Избыточное количество материала слили с пластинки на бумагу, которую затем убрали.

Аппликатор перемещали по пластинке с небольшим нажимом, чтобы материал не подтекал под опоры аппликатора.

2.7. Методы определения адгезии

Адгезия (от лат. adhaesio – прилипание) – способность лакокрасочного покрытия к прочному сцеплению с окрашиваемой поверхностью. Адгезия обусловлена физическим и химическим взаимодействием активных групп связующего с активными центрами на поверхности подложки.

2.7.1. Метод решетчатых надрезов

Согласно ГОСТ 15140-78, сущность метода заключается в нанесении на готовое лакокрасочное покрытие решетчатых надрезов и визуальной оценке состояния покрытия по четырехбальной системе.

Аппаратура и материалы

-Пластины из листовой стали марки 08 кп размером не менее 60x150 мм и толщиной $(0,9 \pm 0,1)$.

-Режущий инструмент: многолезвийный нож с углом заточки режущей части 20-30 ° и кромкой лезвия толщиной 0,05-0,10 мм.

-Устройство для нанесения надрезов, включающее шаблон для нанесения надрезов и режущий инструмент.

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

-Прибор для измерения толщины покрытий с погрешностью измерения не более 10 %.

-Лупа с 4-хкратным увеличением.

Подготовка к испытанию

1. Для проведения испытания подготавливали два образца.
2. Перед определением адгезии образцы выдерживали при комнатной температуре в течение 48 ч.
3. Перед определением адгезии замеряли толщину покрытия не менее чем на трех участках поверхности испытуемого образца.
4. Перед проведением испытания проверили качество режущей кромки лезвий при помощи лупы.

Проведение испытания

Испытания проводили на двух образцах и не менее чем на трех участках поверхности каждого образца.

На каждом испытуемом участке поверхности образца на расстоянии от края не менее 10 мм делали режущим инструментом не менее шести параллельных надрезов до металла длиной не менее 20 мм. Режущий инструмент держали перпендикулярно поверхности образца. Скорость резания соблюдалась в пределах от 20 до 40 мм/с. Аналогичным образом делали надрезы в перпендикулярном направлении. В результате на покрытии

образуется решетка из квадратов одинакового размера.

Решетки выполняли на расстоянии друг от друга не менее 20 мм.

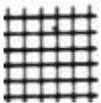
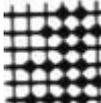
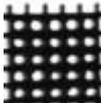
Контроль прорезания покрытия до металла осуществляли визуально при помощи лупы.

Обработка результатов

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

Адгезию оценивали в соответствии с таблицей 3, используя при необходимости лупу.

Таблица 3 – Шкала оценки адгезии покрытия

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 принимали значение адгезии в баллах, соответствующее большинству совпадающих значений, определенных на всех испытываемых участках поверхности двух образцов; при этом

расхождение между значениями принимали не больше 1 балла.

При расхождении значений адгезии, превышающем 1 балл, испытание повторяли на том же количестве образцов и принимали среднее округленное значение, полученное по четырем образцам, за окончательный результат.

При равной повторяемости двух значений адгезию оценивали по большему значению.

2.7.2. Определение адгезии методом отрыва

Определение адгезии методом отрыва производили по методике ГОСТ 28574. По окончании высушивания покрытия НПС на подложке на окрашенную поверхность приклеивали цилиндрические заготовки (грибки) при помощи клеящего вещества. Грибки выбирали одинакового диаметра, чтобы полученные значения адгезии были равнозначны. После того, как клей застыл, покрытие подвергали испытанию на отрыв. На специальную опору поместили адгезиметр ОР, а под опору – подложку с приклеенным на нее грибком таким образом, чтобы этот грибок попал в захватывающий механизм прибора. Затем выполняли вращение механизма против часовой стрелки до отрыва грибка от подложки. В момент отрыва производили снятие результатов. Усилие, требующееся на отрыв покрытия от поверхности подложки, считывали по двум шкалам прибора: вертикальной – с ценой деления 10 кг и круговой – с ценой деления – 1 кг. Диапазон измерения такого адгезиметра достигает 100 кг.



Рисунок 2 – Адгезиметр ОР

2.8. Метод определения прочности при ударе

Согласно методике ГОСТ 4765-73 определение прочности при ударе основано на определении максимальной высоты, при падении с которой груз определенной массой не вызывает видимых механических повреждений на поверхности пластинки с лакокрасочным покрытием.



Рисунок 3 – Прибор для измерения прочности при ударе У-1А

Аппаратура и материалы

1. Прибор типа У-1А для определения прочности покрытий при ударе;

2. Лупа 4-хкратного увеличения.

Проведение испытания

Пластинку помещали на наковальню под боек покрытием вверх, следя за тем, чтобы она плотно прилегла к поверхности наковальни. Участок пластинки, на который будет падать груз, располагали на расстоянии не менее 20 мм от края пластинки и не менее 40 мм от центра других участков, ранее подвергавшихся удару.

Груз установили на высоте 10 см, затем привели прибор в действие; при этом груз свободно упал на боек, который передал удар на пластинку, лежавшую на наковальне. После удара груз подняли, пластинку вынули и рассмотрели покрытие лакокрасочного материала в лупу с целью выявления механического повреждения.

Если же дефекты отсутствовали, то испытание повторяли, увеличивая высоту сбрасывания груза каждый раз на 5 – 10 см до тех пор, пока не обнаруживались первые повреждения покрытия при ударе.

Повторные испытания проводили каждый раз на новом участке пластинки. Для каждой высоты определение повторяли не менее трех раз.

Обработка результатов

Прочность покрытия при ударе условно выражали числовым значением максимальной высоты в сантиметрах, при падении с которой груз определенной массой не наносит механических повреждений покрытию испытуемого образца.

За результат испытания принимали значение максимальной высоты, при которой получили три положительных определения испытания.

2.9. Метод определения прочности на изгиб

В соответствии с ГОСТ Р 52740-2007 прочность при изгибе – это способность покрытия противостоять разрушению под действием механической нагрузки, характеризующаяся диаметром первого стержня, на

котором первоначально произошло растрескивание и/или отслаивание покрытия от окрашиваемой поверхности.

Анализ проводили на приборе «Изгиб» (рисунок 4).



Рисунок 4 - Прибор для определения прочности на изгиб

Проведение испытания

1. В станину с углублениями вставили цилиндр с наибольшим диаметром.
2. Подложку, с нанесенным покрытием, изогнули вокруг цилиндра на 180°.
3. Под лупой исследовали покрытие на наличие повреждений.
4. Если повреждений не обнаружили, заменяли цилиндр цилиндром меньшего размера.
5. Испытание повторяли до появления разрушения целостности покрытия.

Описывали результат как диаметр первого стержня, на котором произошло растрескивание и/или отслаивание от окрашиваемой поверхности. Если разрушение не произошло даже на стержне самого маленького диаметра, то этот факт также зафиксировали.

2.10. Определение влагопоглощения покрытия

Водопоглощение, или набухание, лакокрасочной пленки выражали количеством влаги (в процентах), поглощенной лакокрасочным покрытием

при пребывании его в воде в течение обусловленного стандартом времени и температуры в соответствии с ГОСТ 21513-76.

Металлическую пластинку с нанесенным в два слоя покрытием и парафинированными краями после высыхания взвесили на аналитических весах с точностью до 0,01 г. Затем пластинку погрузили вертикально в ванну с дистиллированной водой при 20-25 °С. По истечении установленного времени пластинку извлекали, высушивали между двумя листами фильтровальной бумаги и взвесили на аналитических весах.

Водопоглощение по массе W равно отношению массы воды, которая поглощается образцом при насыщении, к массе сухого образца:

$$W = \frac{m_1 - m}{m} * 100 \% = \frac{m_1 - m}{m - m_2} * 100 \%,$$

где m – масса сухого образца, г;

m_1 – масса насыщенного водой образца, г;

m_2 – масса пластины, г [5].

Таблица 4 – Характеристики водопоглощения битумно-смоляных покрытий на основе НПСС_{С9_ТЕРМ}

Содержание смолы в БСК, %	m , г	m_1 , г	m_2 , г	W , %
0				0,12
1				0,03
3				0,06
7				0,02
10				0,13
15				0,04
100				0,49

2.11. Определение кислотостойкости

Кислотостойкость (кислотоупорность) – способность материалов противостоять действию разрушения кислот.

Исследуемые покрытия погружали в 10 %-ый раствор серной кислоты на 7 дней [39]. После этого кислотостойкость оценивали по состоянию

битумно-смоляных покрытий (появление пузырьков) и поверхности металла.

Пример расчета количества 73%-ой серной кислоты для приготовления 400 мл 10 %-го раствора серной кислоты:

2.12. Коррозионная стойкость

По методике ГОСТ 9.403-80 металлические пластинки с нанесенными покрытиями и парафинированными краями погрузили вертикально в ванну с 3 % раствором NaCl при 20-25 °C [39]. По истечении 7 суток пластинки извлекли из ванны, высушили между двумя листами фильтровальной бумаги и наблюдали за изменением цвета и нарушением целостности пленки. Допускалось легкое осветление покрытия.

2.13. Определение щелочестойкости

Щелочестойкость – свойство материалов сохранять свою структуру при действии щелочей.

Металлические пластинки с нанесенными на них покрытиями и парафинированными краями погружали в емкость с 10%-ым раствором NaOH на 7 суток [39]. Затем пластины промыли дистиллированной водой и высушили между двумя листами фильтровальной бумаги. Покрытия исследовали на предмет изменения цвета и наличие трещин. Допускается временное посветление покрытий, после выдержки пластины под тягой в течение суток цвет частично или полностью возвращается к исходному.

2.14. Определение стойкости к воздействию переменной температуры и повышенной влажности

Испытание проводили в соответствии с ГОСТ 9.401-91 [40]:

1 день – образцы помещали в камеру влаги, выдерживали при температуре (40 ± 2) °С и относительной влажности воздуха $(97 \pm 3)\%$ в течение 6 ч, затем выключили обогрев и выдерживали в камере в течение 2 ч.

2 день – из камеры влаги образцы перенесли в камеру холода и выдерживали в ней при температуре минус (45 ± 3) °С в течение 2 ч. Далее из камеры холода образцы перенесли в термокамеру и выдерживали при температуре (60 ± 2) °С в течение 4 ч. Продолжительность выдержки между камерой холода и камерой влаги должна составить не более 15 мин.

3 день – образцы извлекли из термокамеры и выдерживали на воздухе при температуре 15 - 30 °С и относительной влажности воздуха не более 80 % в течение 6 ч.

Цикл проводили 2 раза. Варианты разрушений (растрескивание, образование пузырей) и их оценка приведены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 - Оценка растрескивания покрытий

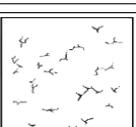
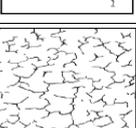
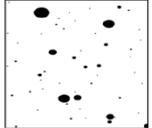
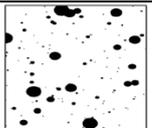
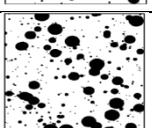
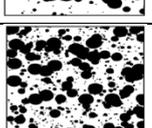
	Степень растрескивания покрытий при определении	Балл
	Очень мало, т.е. небольшое, только в малой степени определяемое число трещин	1
	Мало, т.е. небольшое, но существенное число трещин	2
	Умеренное число трещин	3
	Значительное число трещин	4
	Плотная структура трещин	5

Таблица 6 – Оценка образования пузырей (вздутий) на покрытиях

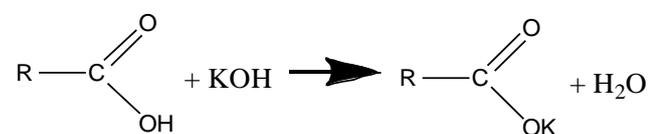
	Степень образования пузырей на покрытиях при определении	Балл
	Очень мало, т.е. небольшое, только в малой степени определяемое число пузырей	1
	Мало, т.е. небольшое, но существенное число пузырей	2
	Умеренное число пузырей	3
	Значительное число пузырей	4
	Плотная структура пузырей	5

Результаты представлены в таблице 17.

2.15. Определение кислотного числа

Кислотное число [31] (коэффициент кислотности) – количество едкого калия (KOH) в мг, израсходованного на нейтрализацию кислых соединений, содержащихся в 1г анализируемого продукта. Кислотное число является мерой суммы карбоновых кислот в органическом соединении, таком как жирные кислоты, или в смеси соединений.

Определяли кислотное число объёмным титрованием раствором едкого калия навески продукта, растворенного в спиртотолуольной смеси. При этом протекает реакция:



Методика определения КЧ следующая. Две чистые сухие колбы из термостойкого стекла емкостью по 100 мл со шлифами, взвешенные на аналитических весах, поместили навеску по 0,1г анализируемого вещества. Взвешивание проводили на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. В колбы приливали 10 мл толуола, добавили 3-4 капли индикатора (фенолфталеина) и титровали 0,1н спиртовым раствором гидроксида калия. Конец титрования определили по изменению окраски раствора от серо-фиолетовой в кислой среде до розовой в щелочной. Параллельно проводили титрование толуола без навески анализируемого вещества (холостой опыт).

Далее определяли нормальность 0,1н раствора KOH, для этого титровали раствором KOH 0,1н HCl. Точку эквивалентности определили визуально по индикатору фенолфталеину.

$$C_{\text{н KOH}} = \frac{(C_{\text{н}} \cdot V)_{\text{HCl}}}{V_{\text{KOH}}},$$

где $C_{\text{н KOH}}$ – нормальность KOH; $C_{\text{н HCl}}$ – нормальность HCl; V_{KOH} – объем гидроксида, пошедший на титрование соляной кислоты, мл; V_{HCl} – объем соляной кислоты, мл.

Поправка на 0,1н раствор KOH рассчитывали по формуле:

$$K = \frac{C_{\text{НКОН}}}{0,1}$$

Кислотное число (КЧ, мг КОН/г) вычисляли по формуле:

$$\text{КЧ} = \frac{(a - b) \cdot 0,0056 \cdot K \cdot 1000}{g},$$

где *a* – объем 0,1 н раствора КОН, пошедший на титрование анализируемого вещества, мл; *b* – объем 0,1 н раствора КОН, пошедшего на титрование холостой пробы, мл; 0,0056 – число грамм КОН в 1 мл 0,1 н раствора КОН; *K* – поправка на 0,1 н раствор КОН; *g* – навеска анализируемого вещества, г.

Среднее значение кислотного числа рассчитывали из двух определений.

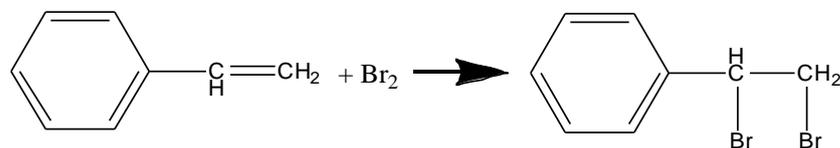
Пример расчета кислотного числа НПС_{С9_ТЕРМ}:

Таблица 7 – Кислотное число

Наименование	№	g, г	Растворитель	V ₂ , мл	V ₁ , мл	Δ, мл	КЧ, мг КОН/г	КЧ _{ср} , мг КОН/г
НПС _{С9_ТЕРМ}	1		Толуол				1,8	1,8
	2						1,8	
НПС _{С9_ТЕРМ} +HNO ₃	1						22,7	22,1
	2						21,5	
НПС _{С9_ТЕРМ} +HNO ₃ , H ₂ SO ₄			Хлороформ				26,5	26,5
НПС _{С9_ИОН}	1		Толуол				15,4	15,4
	2						15,3	
НПС _{С9_ИОН} + HNO ₃	1						43,5	41,8
	2						40,2	
НПС _{С9_ИОН} +HNO ₃ , H ₂ SO ₄			Хлороформ				43,3	43,3
НПС _{С9_ИН}	1		Толуол				3,7	3,9
	2						4,2	
НПС _{С9_ИН} + HNO ₃	1						14,3	14,1
	2						13,8	
НПС _{С9_ИН} +HNO ₃ , H ₂ SO ₄			Хлороформ				26,1	26,1

2.16. Определение бромного числа

Бромным числом [31] называется число грамм брома, присоединяющееся к 100 г исследуемого вещества. Оно характеризует содержание в нем непредельных соединений:



Бромное число НПС определяли согласно методике. К навеске анализируемого вещества (0,1 г с точностью до 0,0001 г) добавили 10 мл толуола, содержимое перемешали и охладили в ледяной бане до 5 °С. Затем в каждую колбу добавили охлажденный 0,1 н раствор брома в избытке, чтобы содержимое колб оставалось желтым. Полученные смеси вновь охлаждали до 5 °С и при такой температуре выдерживали в темном месте в течение 5 минут. После этого добавили по 10 мл 10%-ого раствора йодида калия. Выделяющийся йод сразу титровали 0,1 н раствором тиосульфата натрия в присутствии 1 мл раствора крахмала. Крахмал к титруемым растворам приливали перед концом титрования, когда желтая окраска йода начала ослабевать. Титрование продолжали до исчезновения желтой окраски растворов:



Во время титрования содержимое колб энергично взболтали для лучшего контакта йода с водным раствором тиосульфата натрия. Параллельно проводили холостой опыт без анализируемого вещества.

Бромное число (БЧ, г $\text{Br}_2/100$ г) определили по формуле:

$$\text{БЧ} = \frac{(a - b) \cdot 0,008 \cdot K \cdot 100}{g},$$

где a – объем 0,1 н раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, пошедший на титрование в холостом опыте, мл; b – объем 0,1 н раствора тиосульфата натрия, пошедший

на титрование навески анализируемой смеси, мл; g – навеска анализируемого вещества, г; 0,008 – число грамм брома, соответствующее 1 мл 0,1 н раствора тиосульфата натрия; K – поправка на 0,1 н раствор тиосульфата натрия.

Среднее значение бромного числа рассчитывали из двух определений.

Пример расчета кислотного числа $\text{НПС}_{\text{C9_ТЕРМ}}$:

Таблица 8 – Бромное число

Наименование	№	g, г	Растворитель	V_2 , мл	V_1 , мл	Δ , мл	БЧ, г $\text{Br}_2/100$ г	БЧ _{ср} , г $\text{Br}_2/100$ г
$\text{НПС}_{\text{C9_ТЕРМ}}$	1		Толуол				41,7	42,7
	2						43,8	
N- $\text{НПС}_{\text{C9_ТЕРМ}}$ +HNO ₃	1						1,7	1,6
	2						1,5	
N- $\text{НПС}_{\text{C9_ТЕРМ}}$ +HNO ₃ , H ₂ SO ₄	1		Хлороформ				2,3	2,4
	2						2,5	
$\text{НПС}_{\text{C9_ИОН}}$	1		Толуол				41,9	43,0
	2						44,1	
N- $\text{НПС}_{\text{C9_ИОН}}$ +HNO ₃	1						13,2	13,6
	2						14,0	
N- $\text{НПС}_{\text{C9_ИОН}}$ +HNO ₃ , H ₂ SO ₄	1		Хлороформ				7,8	7,9
	2						8,0	
$\text{НПС}_{\text{C9_ИН}}$	1		Толуол				45,8	45,9
	2						45,9	
N- $\text{НПС}_{\text{C9_ИН}}$ +HNO ₃	1						3,7	3,5
	2						3,2	
N- $\text{НПС}_{\text{C9_ИН}}$ +HNO ₃ , H ₂ SO ₄	1		Хлороформ				2,3	2,3
	2						2,3	

2.17. Исследование структуры с помощью ИК-спектроскопии

Обычно для установления строения органических соединений совершенно необходимо применение ИК- или ЯМР-спектроскопии. Анализ ИК-спектров является превосходным методом определения функциональных групп. Его можно применять параллельно с проведением химических реакций на те или иные функциональные группы. Такое совместное применение ИК-спектроскопии и химических реакций в ряде случаев действительно может привести к установлению строения изучаемого вещества.

По числу и положению пиков в ИК-спектрах поглощения можно судить о природе вещества (качественный анализ), а по интенсивности полос поглощения – о количестве вещества (количественный анализ). Основные приборы – различного типа инфракрасные спектрометры.

При записи спектра на оси абсцисс откладывается в линейной шкале значение волновых чисел ν ($1/\lambda$) в см^{-1} или мкм, на оси ординат – величина пропускания (в %).

Поэтому максимумы пиков, которые отвечают наибольшему поглощению ИК-излучения, обращены вниз.

При помощи современных спектрометров возможно регистрировать ИК-спектры газообразных, жидких и твердых образцов. Для получения ИК-спектра органического или природного соединения необходимо всего от 1 до 10 мг вещества.

Если проводится регистрация ИК-спектров соединений в растворах или суспензиях, то необходимо вычитать значения полос поглощения растворителей или суспендирующей среды.

Образцы исследовали на спектрометре Nicolet 5700 в таблетках KBr.

2.18. Определение молекулярной массы

Одним из широко используемых методов определения молекулярной массы полимеров является определение криоскопическим методом, в его основе лежит закон Рауля [26]. В соответствии с законом Рауля связь между среднечисловой молекулярной массой полимера и понижением температуры замерзания, при которой активность растворителя в растворе полимера близка к активности чистого растворителя при температуре его плавления, выражается зависимостью:

$$\lim \left(\frac{\Delta T}{c} \right)_{c \rightarrow 0} = \left(\frac{RT^2}{\rho L_k} \right) \left(\frac{1}{\overline{M}_n} \right),$$

где c – концентрация полимера; R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура; ρ – плотность растворителя; L_k – теплота плавления.

Величина $\frac{RT^2}{\rho L_k}$ является мерой понижения температуры плавления, обусловленного присутствием в растворе 1 моля растворенного полимера; криоскопическая постоянная K .

На основании измерений ΔT при нескольких концентрациях раствора полимера определяют отношение $\Delta T/c$ и строят графическую зависимость этой величины от концентрации полимера. Экстраполяцией получают значение $\Delta T/c$ при нулевой концентрации раствора и рассчитывают молекулярную массу по формуле:

$$\overline{M}_n = \frac{K \cdot 1000}{\left(\frac{\Delta T}{c} \right)}.$$

Пример расчета молекулярной массы НПСС_{С9_ТЕРМ} (данные приведены в таблице 9):

Рисунок 5 – Расчет молекулярной массы НПС_{С9_ТЕРМ}

Согласно графику, $\Delta T/c=1,11$; тогда:

$$\overline{M}_n = \frac{K \cdot 1000}{\left(\frac{\Delta T}{c}\right)} = \frac{5,12 \cdot 1000}{1,11} = 4612 .$$

Таблица 9 – Расчет молекулярной массы

3. Обсуждение результатов

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. Предпроектный анализ

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Продукты, получаемые в ходе НИР, нитрованные, аминированные нефтеполимерные смолы и композиционные материалы на их основе. К потенциальным потребителям могут относиться химические и нефтехимические компании, нефтеперерабатывающие заводы. Композиции на основе битума и модифицированных нефтеполимерные смол, получение и свойства которых исследуются в работе, могут быть использованы в качестве защитного покрытия трубопроводов и промышленного оборудования для предотвращения образования коррозии.

4.1.2. Диаграмма Исикавы

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) – это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Область применения диаграммы:

- выявление причин возникновения проблемы;
- анализ и структурирование процессов на предприятии;
- оценка причинно-следственных связей.

Сначала формулируется существенная проблема или дефект качества.

Главные категории потенциальных причин – это оборудование, материалы, человек, процессы, менеджмент, измерительные средства и т.д. Для каждой главной категории на диаграмму наносятся все вероятные причины проблемы. Диаграмма Исикавы представлена на рисунке 8.

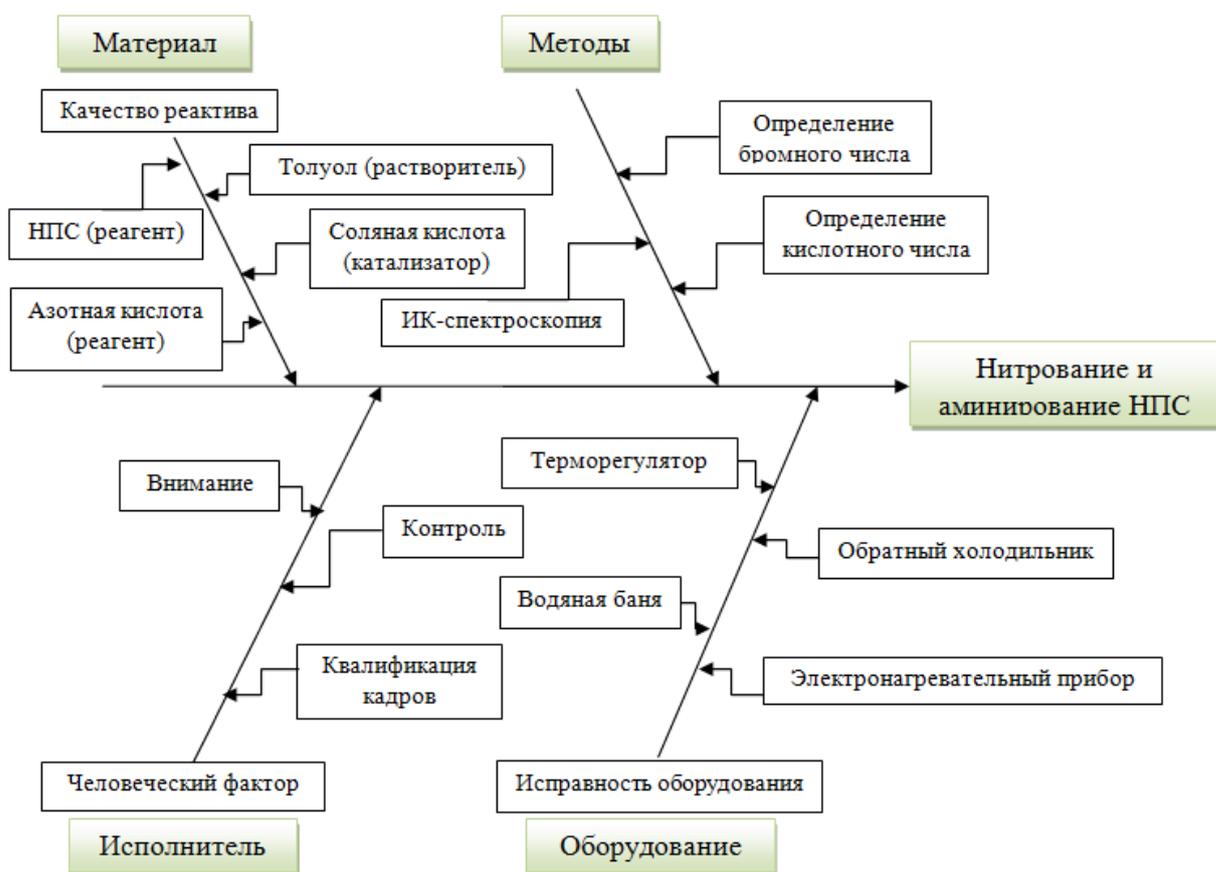


Рисунок 8 – Диаграмма Исикавы

4.1.3. 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 необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 17.

Таблица 19 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического Задела	4	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	3	3
	ИТОГО БАЛЛОВ	47	43

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, 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.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Уровень имеющихся знаний у разработчика является средним (43 балла), а перспективность самого проекта выше среднего (47 баллов).

Таким образом, необходимо дополнительно проработать вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот, а также международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.

4.1.4. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок

(получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

На данной стадии представленной научной разработки успешному продвижению способствует торговля патентными лицензиями, с помощью которой будет достигнута передача третьим лицам интеллектуальной собственности на лицензионной основе. Также возможна организация совместного предприятия «университет – производство», когда идеи первого реализуются ресурсами второго.

4.2. Инициация проекта

Заинтересованные стороны проекта – лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п. Информация по заинтересованным сторонам представлена в таблице 19.

Таблица 20 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Разработчик проекта	Разработка технологии получения и исследование свойств новых материалов
Химические и нефтехимические производства	Усовершенствование существующей технологии,
Национальный исследовательский Томский политехнический университет	Получение новых материалов, новых технологий; теоретическая и практическая значимость проекта

В таблице 21 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях их достижения.

Таблица 21 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Получение и исследование свойств нитрованных и аминированных нефтеполимерных смол; Получение битумно-смоляных композиций на основе модифицированных нефтеполимерных смол
Ожидаемые результаты проекта:	Выбор оптимальных условий модификации нефтеполимерных смол для получения материалов с высокими техническими характеристиками; Целесообразность использования полученных модифицированных НПС в качестве компонентов битумно-смоляных композиций
Критерии приемки результата проекта:	Определение физико-механических показателей покрытий на основе битумно-смоляных композиций путем испытания их на прочность при ударе, прочность на изгиб, твердость, адгезию, водопоглощаемость, щелочестойкость, солестойкость и кислотостойкость
Требования к результату проекта:	Требование:
	Целевой продукт соответствует требованиям ГОСТ
	Модифицированные нефтеполимерные смолы превосходят по свойствам исходные
	Композиции на основе битума и модифицированных НПС обладают удовлетворительной коррозионной стойкостью и другими техническими характеристиками

4.2.1. Организационная структура проекта

В ходе реализации научного проекта, помимо магистранта, задействован также руководитель проекта, который отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность магистранта. В данном случае эту роль выполняет руководитель магистерской диссертации. Экспертами выступают консультанты. Участники рабочей группы, их функции и трудозатраты приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Рабочая группа проекта

ФИО, место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, ч.
Бондалетова Л.И., НИТПУ ИШПР, доцент ОХИ, к.х.н.	Руководи- тель	Координация деятельности проекта	100
Креницына З.В., НИТПУ, доцент ОСГН, к.т.н.	Эксперт	Консультирование по выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффектив- ность и ресурсосбереже- ние»	4
Король И.С., НИТПУ, доцент ОКид, к.х.н.	Эксперт	Консультирование по выполнению раздела «Социальная ответственность»	4
Рыманова И.Е., НИТПУ, ст.преподаватель ОИЯ	Эксперт	Консультирование по выполнению раздела на английском языке	4
Нгуен Ван Тхань, НИТПУ ИШПР, аспирант ОХИ	Ассистент	Консультирование по выполнению ВКР	4
Старовойт М.В., НИТПУ ИШПР, магистрант ОХИ	Исполни- тель	Выполнение ВКР	784
ИТОГО:			900

В ходе реализации научного проекта, помимо магистранта, задействован ряд специалистов:

- *Руководитель проекта* – отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта. В большинстве случаев эту роль выполняет руководитель магистерской диссертации.

- *Эксперт проекта* – специалист, обладающий компетенциями (специальными знаниями и опытом), которых нет у участников рабочей группы проекта и руководителя проекта. В магистерской работе эту роль выполняют консультанты.
- *Исполнитель по проекту* – специалист, выполняющий отдельные работы по проекту. В случае, если магистерская работа является законченным научным исследованием – исполнителем проекта является магистрант. В случае, если магистерская работа является частью научного проекта, исполнителей может быть несколько.

4.2.2. Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта.

Таблица 23 – Ограничения проекта

Факторы	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	-
Источник финансирования	ОХИ НИ ТПУ
Сроки проекта:	17 месяцев
Дата утверждения плана управления проектом	1.10.2016
Дата завершения проекта	1.06.2018
Прочие ограничения и допущения	-

Примечания: К прочим ограничениям могут относиться ограничения на количество ресурсов (например, ограничения по времени использования научного оборудования, времени работы участников проекта), ограничения, связанные с законодательством, окружающей средой и т.д.

4.2.3. 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.

4.2.4. Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ.

Иерархическая структура работ представляет собой совокупность элементов, выполненных в удобной графической форме. Графическое представление имеет ряд преимуществ перед списочным составом задач или работ. За счет наглядности ИСР и коллегиального труда над ее созданием достигается большая вовлеченность и мотивация команды, уровень коммуникаций повышается, улучшается мониторинг операций и их контроль. Кроме того, визуальная форма позволяет охватить всю архитектуру проекта одним взглядом.



Рисунок 9 – Иерархическая структура работ по проекту

4.2.5. Контрольные события проекта

Таблица 24 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Защита научно-исследовательской работы в семестре	29.12.2016	Зачтено
2	Защита производственной практики	14.09.2017	«Отлично»
3	Защита научно-исследовательской работы в семестре	18.06.2017	Зачтено
4	Защита научно-исследовательской работы в семестре	25.12.2017	Зачтено
5	Защита научно-исследовательской практики	15.03.2018	«Хорошо»
6	Участие в научной конференции имени академика Усова	4.04.2018	Сертификат об участии
7	Участие в научном симпозиуме имени академика Кулева	22.05.2018	Сертификат об участии, диплом
8	Защита преддипломной практики	5.06.2018	-
9	Защита ВКР	15.06.2018	-

4.2.6. План проекта

В качестве метода планирования выбираем линейный график (таблица б), поскольку данная работа характеризуется сравнительно небольшим количеством этапов и исполнителей.

Таблица 25 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО исполнителей)
Составление технического задания	30	1.09.16	30.09.16	Бондалетова Людмила Ивановна
Изучение литературы, составление литературного обзора	92	1.10.16	31.12.16	Старовойт Мария Владимировна
Патентный поиск	15	1.01.17	15.01.17	Старовойт Мария Владимировна
Выполнение экспериментальной части	166 222	16.01.17 1.09.17	30.06.17 10.04.18	Старовойт Мария Владимировна
Обсуждение полученных результатов	10	11.04.18	20.04.18	Старовойт Мария Владимировна, Бондалетова Людмила Ивановна
Оформление выводов	14	21.04.18	4.05.18	Старовойт Мария Владимировна
Оформление пояснительной записки	37	5.05.18	10.06.18	Старовойт Мария Владимировна
ИТОГО:	586	1.09.16	10.06.18	

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм, который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для данного проекта диаграмма Ганта представлена в таблице 26.

Таблица 26 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Вид работ	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																					
		2016год				2017 год								2018 год									
		сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь
Составление технического задания	30																						
Изучение литературы, составление литературного обзора	92																						
Патентный поиск	15																						
Выполнение экспериментальной части	388																						
Обсуждение полученных результатов	10																						
Оформление выводов	14																						

4.2.7. Бюджет научного исследования

Планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 27. В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Таблица 27 – Группировка затрат по статьям

Вид работ	Сырье, материалы, полуфабрикаты	Оборудование для экспериментальных работ
Модификация нефтеполимерной смолы	Нефтеполимерная смола, азотная кислота, серная кислота, хлороформ, бутанол, нефтяной сольвент, соляная кислота, пищевая сода,	Лабораторный реактор с обратным холодильником и механической мешалкой, трехгорлая колба, электроплита одноконфорочная, терморегулятор, капельная воронка, делительная воронка
Анализ нитрованной нефтеполимерной смолы (N-НПС)	Толуол, бром, иодид калия, тиосульфат натрия, гидроксид калия, соляная кислота, фенолфталеин	Микробюретка, пипетки, груша, мерные стаканы и цилиндры, стеклянные колбы, ступка с пестиком, стеклянные палочки, аналитические весы
Получение битумно-смоляных композиций	Битум, полученная N-НПС, толуол	Шприцы, стеклянные стаканы, пробирки, металлические подложки, скальпель, аппликатор

Расчет стоимости материальных затрат производился по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включены транспортно-заготовительные расходы (4 % от цены). Сюда же включены затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты по данной статье представлены в таблице 28.

Таблица 28 – Затраты на сырье, материалы, полуфабрикаты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу с НДС, руб.	Сумма, руб.
НПС	кг	1	45	45
Азотная кислота (концентрированная)	л	1	170	170
Серная кислота (концентрированная)	л	1	271	271
Хлороформ	л	1	256	256
Бутанол	кг	1	255	255
Нефтяной сольвент	л	1	100	100
Соляная кислота (концентрированная)	л	1	220	220
Пищевая сода	кг	0,5	32	32
Толуол	л	1	54	54
Иодид калия	кг	1	18	18
Бром	л	1	180	180
Тиосульфат натрия	кг	1	32	32
Гидроксид калия	кг	1	110	110
Фенолфталеин	кг	0,1	200	200
Битум	кг	1	13	13
Всего за материалы				1956
Транспортно-заготовительные расходы (4%)				78,2
Итого:				2034,2

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Таблица 29 – Затраты на оборудование

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за единицу с НДС, руб.	Сумма, руб.
Трехгорлая колба, 500 мл	Шт	1	295	295
Обратный холодильник	Шт	1	1490	1490
Цилиндр мерный стеклянный, 1000 мл	Шт	1	363	363
Колба коническая, 250 мл	Шт	1	132	132
Колба коническая, 500 мл	Шт	1	300	300
Делительная воронка, 500 мл	Шт	1	690	690
Капельная воронка, 100 мл	Шт	1	450	450
Стакан стеклянный, 1000 мл	Шт	1	160	160
Стакан стеклянный, 100 мл	Шт	10	68	680
Пипетка, 1 мл	Шт	1	15	15
Пипетка, 5 мл	Шт	2	20	40
Пипетка, 10 мл	Шт	2	25	50
Груша	Шт	1	10	10
Пробирка плоскодонная, 10 мл	упаковка (100 шт)	1	180	180
Ступка с пестиком,	Шт	1	400	400
Скальпель	Шт	1	60	60
Палочка стеклянная	Шт	2	10	20
Термометр ртутный, 0–250 °С	Шт	1	520	520
Электроплита	Шт	1	700	700
Механическая мешалка	Шт	1	6450	6450
Терморегулятор	Шт	1	5290	5290
Весы аналитические	Шт	1	62270	62270
Штатив	Шт	1	1000	1000
Шприц, 1мл	Шт	10	2	20
Шприц, 5 мл	Шт	10	4	40
Перчатки химические	Пара	10	8	80
Халат	Шт	1	400	400
Всего за материалы и оборудование	82190			
Транспортно-заготовительные расходы (4%)				3288
Итого:				85478

Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб},$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

где $Z_{м}$ – 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;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. (таблица 30).

Таблица 30 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 31 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	23264,86	1,3	30244,32	1255,30	251	358714,50
Магистрант	18000	1,3	23400	975	251	244725
Итого:						603439,50

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

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

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

В таблице 32 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 32 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	358714,50	244725
Дополнительная зарплата	87557,18	–
Итого:	690996,68	

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды равный 30,5 %.

Результаты расчетов по данной статье представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Отчисления на социальные нужды 27,1%

	Руководитель	Магистрант
Зарплата	446271,68	244725
Отчисления на социальные нужды	120939,63	–
Итого:	811936,31	

Научные и производственные командировки

В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями

На эту статью относится стоимость контрагентных работ, т.е. работ, выполненных сторонними организациями и предприятиями по заказу данной научно-технической организации, результаты которых используются в конкретном НИИ. Кроме того, на эту статью расходов относят оплату консультаций, использование Internet и т.д. Величина этих расходов определяется по договорным условиям.

Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на

конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

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

В таблице 34 представлена группировка по всем статьям бюджета проекта, описанным выше.

Таблица 34 – Группировка затрат по статьям

Статьи						
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
2034,2	85478	603439,5	87557,18	120939,63	396537,34	1219055,85

4.2.8. Матрица ответственности

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности (таблица 35)

Таблица 35 – Матрица ответственности

Этапы проекта	И / Магистрант	У / Руководитель
Модификация нефтеполимерных смол	+	-
Приготовление композиций	+	-
Проведение испытаний на приборах	+	-
Анализ полученных данных	+	-
Оформление отчета	+	+

Степень участия в проекте может характеризоваться следующим образом:

Ответственный (О)– лицо, отвечающее за реализацию этапа проекта и контролирующее его ход.

Исполнитель (И) – лицо (лица), выполняющие работы в рамках этапа проекта.

Утверждающее лицо (У) – лицо, осуществляющее утверждение результатов этапа проекта (если этап предусматривает утверждение).

Согласующее лицо (С) – лицо, осуществляющее анализ результатов проекта и участвующее в принятии решения о соответствии результатов этапа требованиям.

4.2.9. 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. Информацию по данному разделу необходимо свести в таблицу.

Таблица 36 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска *	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Плохая смола	Выбор	3	5	Средний	Подбор эффективной смолы	Плохой показатель
2	Сбой приборов	Старение	2	4	Низкий	Проверка, ремонт	Неверные данные
3	Композиции	Способ приготовления	2	5	Низкий	Правильная технология	Неправильная концентрация

Примечание: Уровень риска может быть: высокий, средний или низкий в зависимости от вероятности наступления и степени влияния риска. Риски с наибольшей вероятностью наступления и высокой степенью влияния будут иметь высокий уровень, риски же с наименьшей вероятностью наступления и низкой степенью влияния соответственно низкий уровень.

Возможные риски проекта приведены на рисунке 10.

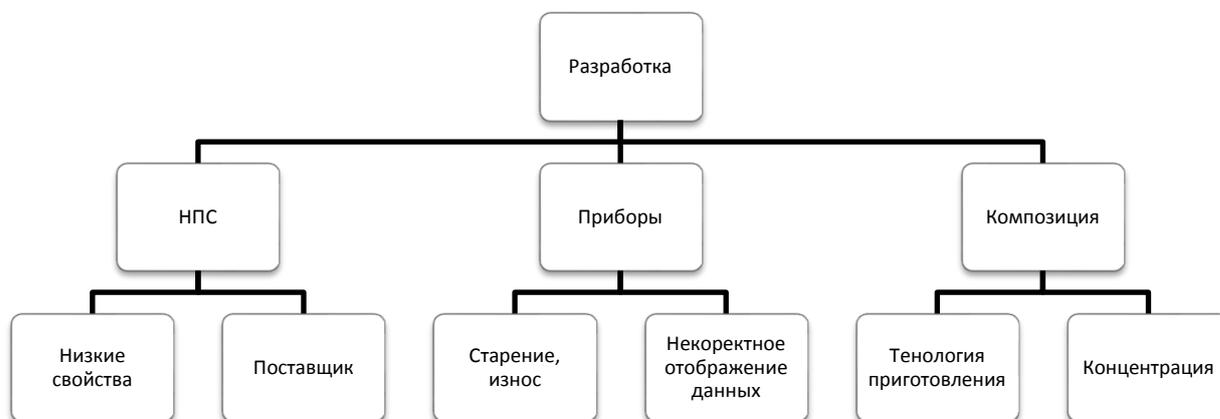


Рисунок 10 – Иерархическая структура рисков

4.2.10. План управления контрактами и поставками

Этот план формируется в случае необходимости заключения контрактов для осуществления поставок или работ по проекту. Данные по этому разделу сводятся в таблицу 37.

Таблица 37 – Требования к объектам контрактов

№	Объект контракта (продукт/услуга)	Требования к продукту/услуге	Требования к срокам поставки	Требования к поставщику/подрядчику
1	НПС	Не допускать нагревания выше 40 °С	Не более 14 дней	Мешки из бумаги и полипропилена, перевозка в крытом вагоне
2	Азотная кислота	Плотно закрыт от утечек	Не более 3 дней	Бутылки из темного стекла
3	Серная кислота	Герметичная упаковка	Не более 3 дней	Бутылки из темного стекла
4	Соляная кислота	Герметичная упаковка	Не более 3 дней	Бутылки из темного стекла
5	Хлороформ	Герметичная упаковка	Не более 3 дней	Бутылки из темного стекла
6	Бутанол	Герметичная упаковка	Не более 3 дней	Беречь от попадания прямых солнечных лучей
7	Нефтяной сольвент	Герметичная упаковка, не нагревать до 25 °С	Не более 3 дней	Бутылки из темного стекла, перевозка в деревянных ящиках с прокладкой из гофрированного картона
8	Толуол	Герметичная упаковка	Не более 3 дней	Бутылки из темного стекла
9	Пищевая сода	Рассыпчатый	Не более 14 дней	Не допускать попадания влаги
10	Битум	Нагрев перед самой отгрузкой	Не более 7 дней	Перевозка в легкоудаляемой пластмассовой таре

Таблица 38 – План закупок проекта

№	Закупаемые материалы/услуги	Количество	Поставщик
1	НПС	1 кг	ООО ВитаХим Сибирь
2	Азотная кислота	1 л	ООО Полимер
3	Серная кислота	1 л	ООО Полимер
4	Соляная кислота	1 л	ООО Полимер
5	Хлороформ	1 л	Химмедснаб
6	Бутанол	1 кг	Химмедснаб
7	Нефтяной сольвент	1 л	Химмедснаб
8	Толуол	1 л	Химмедснаб

9	Пищевая сода	0,5 кг	
10	Битум	1 кг	Строй-групп

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

4.3.1. 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.

Таблица 39 – Группировка затрат (в рублях) по статьям аналогов разработки

Вариант исполнения аналога №	Сырье, материалы	Специальное оборудование	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себестоимость
1	205600	940960,35	174115,60	47185,32	1367861,2

Рассчитаем значения интегрального финансового показателя для всех вариантов исполнения научного исследования:

$$\text{Для нашей разработки: } I_{\phi}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{max}} = \frac{1219055,85}{1686286,91} = 0,72$$

$$\text{Для первого аналога: } I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{a2}}{\Phi_{max}} = \frac{1367861,27}{1686286,91} = 0,81$$

где I_{ϕ}^p – 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 удешевление стоимости разработки в разы, следовательно, наша разработка обладает наименьшей стоимостью по сравнению с аналогами.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

a_i – весовой коэффициент i-го параметра;

b_i^a , b_i^p – балльная оценка i-го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 40.

Таблица 40 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1
Эксплуатационные характеристики	0,5	5	4
Надежность	0,3	5	5
Безопасность	0,2	5	5
ИТОГО	1	5	4,5

$$I_m^p = 5*0,5+5*0,3+5*0,2 = 5$$

$$I_m^{a1} = 4*0,5+5*0,3+5*0,2 = 4,5$$

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

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

Для нашей разработки: $I_{финр}^p = \frac{5}{0,72} = 6,94$

Для первого аналога: $I_{финр}^{a1} = \frac{4,5}{0,81} = 5,56$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a},$$

где \mathcal{E}_{cp} – сравнительная эффективность проекта;

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

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

Сравнение значений интегральных показателей эффективности (таблица 41) позволило определить, что существующий вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

Таблица 41 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Аналог 1	Разработка
Интегральный финансовый показатель разработки	0,81	0,72
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,50	5,00
Интегральный показатель эффективности	5,56	6,94
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,25	

Таким образом, инвестиционный проект считается экономически выгодным.

- 5 Социальная ответственность**
- 5.1 Оценка условий производственной среды**
- 5.2 Защита от опасных и вредных факторов**

5.3 Уровень шума и вибрации

5.4. Освещенность рабочих мест

5.5 Электробезопасность

5.6 Пожарная безопасность

5.7 Первичные средства пожаротушения

5.8 Требования к микроклимату рабочих помещений

5.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.10 Помещения и окружающая среда

5.11 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Заключение

Список публикаций

1. Нгуен Ван Тхань, **Старовойт М. В.**, Хаялиева Л. Р. Защитные покрытия на основе нефтеполимерных // Сборник научных трудов XXII Международного научного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», Томск: Изд-во ТПУ, 2 – 7 апреля 2018 г.

2. **Старовойт М. В.** // Сборник научных трудов XIX Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулева студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск: Изд-во ТПУ, 21 – 24 мая 2018 г.

Список литературы

Приложение А