

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки: Химическая технология

Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Окислительная модификация нефтеполимерных смол
УДК 678.764.049.111:66.094.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ5В	Карташов Р.О.		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент кафедры ЭБЖ	Раденков Т.А.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. кафедрой ТОВПМ, д.х.н.	Юсубов М.С.	д.х.н., профессор		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные знания для создания <i>новых</i> материалов
P2	Применять <i>глубокие</i> знания в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач
P3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>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</i> знания по <i>проектному менеджменту</i> для ведения <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностраным 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</i> знания <i>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 образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление подготовки: Химическая технология
Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) Юсубов М.С.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ5В	Карташову Роману Олеговичу

Тема работы:

Окислительная модификация нефтеполимерных смол

Утверждена приказом директора (дата, номер)

От 9.03.2016 1861/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

14.06.2017

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования – Алифатическая окисленная нефтеполимерная смола и полученные водомасляные эмульсии на ее основе
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>	Аналитический обзор литературы Объекты и методы исследования Экспериментальные результаты и их обсуждение Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 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
	к.х.н., доцент Бондалетова Л.И.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.т.н., доцент Креницына З.В.
Социальная ответственность	Ассистент., Раденков Т.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
На русском: 1. Способы модификаций нефтеполимерных смол; 2. Применение нефтеполимерных смол; 3. Общая характеристика эмульсий; 4. Применение нефтеполимерных смол в качестве эмульгаторов в водомасляных эмульсиях	
На английском: 1. Modification Methods Of Petroleum Resin; 2. The use of petroleum-polymer resins; 3. General characteristics of emulsions; 4. Application of petroleum polymer resin as emulsifiers in water-oil emulsions	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.03.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ5В	Карташов Р.О.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ5В	Карташов Роману Олеговичу

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	ТОВ ПМ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>
	2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>
	3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>
Перечень графического материала:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> 2. <i>Диаграмма Исикавы</i> 3. <i>График проведения и бюджет НИ</i> 4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i> 	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.03.2017
---	------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ5В	Карташов Р.О.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ5В	Карташову Роману Олеговичу

Институт	ИПР	Кафедра	ТОВПМ
Уровень образования	Магистрант	Направление/специальность	«Химическая технология»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Работа выполнялась в лаборатории ИПР на кафедре ТОВПМ. Рабочей зоной являлось помещение учебной лаборатории.</p> <p>На производительность труда студента, находящегося на рабочем месте, могут влиять следующие вредные производственные факторы: отклонение температуры и влажности воздуха от нормы, недостаточная освещенность рабочего места. Кроме того, студент может подвергаться действию опасных факторов: отравлению химическими парами, возникновению химических ожогов. Наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного характера в результате производственных аварий и пожаров.</p>
--	---

<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>Федеральный закон № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 года «О специальной оценке условий труда» Федеральный закон №184-ФЗ «о техническом регулировании от 27 декабря 2002 года. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 г (ред от 10.07 2012г) «Технический регламент о требованиях к пожарной безопасности»</p>
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>1. тклонения температуры и влажности воздуха от нормы могут возникнуть при неблагоприятных метеоусловиях.</p> <p>Оптимальные и допустимые метеорологические условия температуры и влажности устанавливаются согласно ГОСТ 12.1.005-88. Недостаточная освещенность способствует возрастанию нагрузки на органы зрения и приводит к утомляемости организма. В соответствии с характером выполняемых работ освещенность рабочего места по СНиП II-4-79 должна быть 200 Лк – общая освещенность и 300 лк — комбинированное освещение.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); 	<p>Для того, что избежать получения ожога мягких тканей, ожога слизистой, отравления необходимо соблюдать следующие меры индивидуальной защиты согласно ПНД Ф 12.13.1-03:</p> <p>1. При работе в хим. лаборатории необходимо надевать халат из хлопчатобумажной ткани. 2. При выполнении работ, связанных с выделением ядовитых газов и пыли, для</p>

<ul style="list-style-type: none"> – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>защиты органов дыхания следует применять респираторы.</p> <p>3. При работе с едкими и ядовитыми веществами дополнительно применяют фартуки, средства индивидуальной защиты глаз и рук.</p> <p>4. Для защиты рук от действия кислот, щелочей, солей, растворителей применяют резиновые перчатки.</p> <p>5. Для защиты глаз применяют очки различных типов, щитки, маски.</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>В лабораториях кафедры ТОВПМ используются вредные вещества, по этой причине применяются следующие меры по охране окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в канализацию сливаются только нейтральные вещества; – жидкости, которые в обычных условиях нельзя нейтрализовать собираются в специальных емкостях – «слив»; – твердые вещества собираются в специальные емкости и затем отправляются на утилизацию; – очистка воздуха в помещениях осуществляется с помощью вентиляции.
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Наиболее типичной ЧС являются производственные аварии и пожары. В целях предотвращения возгорания необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе с электрооборудованием, а легковоспламеняемые материалы хранить по возможности в подземных складах. Предусмотренные средства пожаротушения (согласно требованиям противопожарной безопасности СНиП 2.01.02-85): огнетушитель ручной углекислотный ОУ-5, пожарный кран с рукавом и ящик с песком (в коридоре).</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>В системе обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе их трудовой деятельности основная роль принадлежит нормативным правовым актам по охране труда.</p>
<p>Перечень графического материала:</p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.03.2017
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры	Раденков Тимофей Александрович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ5В	Карташов Роман Олегович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 67 с., 10 рис., 22 табл, источников, 1 прил.

Ключевые слова: алифатическая нефтеполимерная смола, окисленная алифатическая нефтеполимерная смола, пероксид водорода, эмульгатор, водомасляная эмульсия.

Объектом исследования являются окисленная нефтеполимерная смола и водомасляная эмульсия.

Цель работы – исследование процесса окисления алифатической нефтеполимерной смолы и разработка водомасляных эмульсий на ее основе.

В результате проведенных исследований была получена окисленная пероксидом водорода алифатическая нефтеполимерная смола, разработан способ получения водомасляных эмульсий на ее основе.

Окисленные нефтеполимерные смолы применяют в качестве эмульгатора при получении водомасляных эмульсий.

Экономическая эффективность. Заключается в использовании водомасляных эмульсий для увеличения нефтеотдачи пластов, при обработке высокообводненных коллекторов, нагнетательных и добывающих скважин, смазочно-охлаждающих жидкостей в механической технологии обработки металлов.

Нормативные ссылки

- 1.ГОСТ 12.1.002–84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни и требования к проведению контроля на рабочем месте [Текст].-введ. 01.01.1986.- М.: Стандартиформ, 2009. – 7 с.
- 2.ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Текст].-введ. 01.01.1989.- М.:Стандартиформ, 2008. – 49 с.
- 3.ГОСТ 12.1.005–88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Текст]. - введ. 01.01.1989.- М.: Стандартиформ, 2008. – 49 с.
- 4.ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда [Текст]. - введ. 01.07.1991.- М.: Стандартиформ, 2010. – 16 с.
- 5.ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Основные положения [Текст]. - введ. 01.01.1995.- М.: Издательство стандартов, 1994. – 11 с.

Обозначение и сокращение

ДЦПД – дициклопентадиен;

ДЦПДФ – дициклопентадиеновая фракция;

ЦПД – циклопентадиен;

ЖПП – жидкие продукты пиролиза;

НПС – нефтеполимерная смола;

ОНПС – окисленная нефтеполимерная смола;

ОНПС_{C5} – окисленная алифатическая нефтеполимерная смола;

ОНПС_{C9} – окисленная ароматическая нефтеполимерная смола.

БТК – бензол – толуол – ксилол

БТ – бензол – толуол

Содержание

Реферат.....	8
Нормативные ссылки.....	9
Обозначение и сокращение.....	10
Введение.....	13
1. Обзор литературы.....	16
1.1. Сырье для синтеза нефтеполимерных смол.....	16
1.2. Синтез нефтеполимерных смол.....	20
1.3. Получение модифицирование нефтеполимерных смол.....	22
1.4. Применение нефтеполимерных смол.....	31
1.5. Общая характеристика эмульсий.....	33
1.6. Применение нефтеполимерных смол в качестве эмульгаторов в водомасляных эмульсиях.....	35
2. Объект и методы исследования.....	39
2.1. Методика проведения окисления.....	39
2.2. Методика определения цвета по йодометрической шкале.....	41
2.3. Методика определения температуры размягчения.....	42
2.4. Методика определения бромного числа.....	43
2.5. Методика определения кислотного числа.....	44
2.6. Методика определения эпоксидного числа.....	45
2.7. Методика определения органических гидропероксидов.....	46
2.8. Методика приготовления водомасляных эмульсий.....	47
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...56	
4.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	48
4.1.1. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	48
4.1.2. Диаграмм.....	48
4.1.3. Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	50
4.1.4. Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	52

4.1.5.Инициация проекта.....	53
4.1.6.Организационная структура проекта.....	54
4.2.Планирование управления научно-техническим проектом.....	55
4.2.1.План проекта.....	57
4.2.2.Бюджет научного исследования.....	65
4.3.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	63
4.3.1.Оценка сравнительной эффективности исследования.....	63
Список публикаций.....	67

Введение

Важнейшим методом переработки углеводородного сырья с получением ценных низших олефинов – этилена и пропилена, является пиролиз.

Так как нефтеполимерные смолы являются низкомолекулярными, их принято выделять в отдельный класс среди всего массива смол, а также они обладают уникальными химическими и физическими свойствами, находят все большее применение, как в России, так и за рубежом. Нефтеполимерные смолы обладают химической стойкостью, светостойкостью, водонепроницаемостью, теплостойкостью, хорошей растворимостью в органических растворителях, а также хорошей совместимостью с оксидированными маслами и синтетическими пленкообразователями.

Объем производства нефтеполимерных смол с 70 годов начал увеличиваться, этот фактор объясняется широкой доступностью сырьевой базы и низкой стоимостью их производства, что способствует невысокой стоимости НПС, а также широким применением НПС в различных отраслях промышленности.

Так как в процессе пиролиза прямогонных бензинов образуется значительное количество побочных жидких продуктов пиролиза: около 40 %, то благодаря этим углеводородам получают различные виды полимеров для производства пластических масс, синтетических волокон и других важных продуктов.

Основной стратегией развития в промышленности является рациональное использование жидких продуктов пиролиза. ЖПП служат исходным сырьем для получения нефтеполимерных смол.

Нефтеполимерные смолы могут использоваться в лакокрасочной промышленности в качестве пленкообразующего компонента, благодаря этому происходит уменьшение применения дефицитных и дорогих

продуктов природного происхождения, таких как канифоли, растительные масла для производства лакокрасочных материалов.

Основным недостатком нефтеполимерных смол является высокая окисляемость кислородом воздуха, низкая адгезия, эти недостатки обусловлены тем, что нефтеполимерные смолы являются непредельными и в структуре смол отсутствуют функциональные группы.

Наиболее перспективным вариантом усовершенствования свойств нефтеполимерных смол, а также покрытий на их основе, на сегодняшний день является введение в структуру молекулы нефтеполимерной смолы полярных групп. Внедрение в молекулу нефтеполимерной смолы полярных групп позволяет в дальнейшем проводить химические модификации нефтеполимерной смолы для получения значимых продуктов.

Методы химической модификации имеют большое значение, так как позволяют придать нефтеполимерным смолам уникальные физические и химические свойства, позволяют расширить область их использования.

Объект исследования. В качестве объекта исследования в данной работе была выбрана алифатическая нефтеполимерная смола.

Новизна работы заключается в модификации нефтеполимерной алифатической смолы путем окисления пероксидом водорода в условиях межфазного катализа; в применении окисленных алифатических нефтеполимерных смол в качестве компонента водомасляных эмульсий.

Практическая значимость заключается в стабилизации водомасляных эмульсий с применением окисленной алифатической нефтеполимерной смолы в качестве эмульгатора.

Цель работы

Исследование процесса окисления алифатической нефтеполимерной смолы и разработка водомасляных эмульсий на ее основе.

Задачи:

1. Провести литературный обзор по теме диссертации;

2. Исследовать окисление нефтеполимерной смолы при различных концентрациях пероксида водорода;

3. Получить эмульсии на основе окисленной нефтеполимерной смолы, выбрать наиболее стабильные составы.

1 Обзор литературы

1.1 Сырье для синтеза нефтеполимерных смол

Родоначальником сырья для получения нефтеполимерных смол послужила коксохимическая промышленность. При процессе коксования каменного угля образуется значительное количество каменноугольной смолы, в которой содержатся инден-кумароновые смолы, именно с этой промышленности началось развитие инден-кумароновых, а затем и нефтеполимерных смол.

Получаемые жидкие продукты пиролиза на этиленовых установках содержат множество ценных углеводородов, таких как алкенилароматические и диеновые углеводороды.

Продукты пиролиза, которые образуются при получении этилена на этиленовых установках, подразделяют на несколько видов: пироконденсат (в его состав входит легкая смола пиролиза или пиробензин) и тяжелая смола пиролиза.

Пироконденсат или легкая смола пиролиза полностью испаряется до температуры 200 °С, а тяжелая смола - при температуре свыше 200 °С.

Образующие жидкие продукты пиролиза практически разделять на более узкие фракции, где будут концентрироваться непредельные ароматические углеводороды.

Процессы, которые с течением времени были разработаны в промышленности, предусматривают выделение из легкой смолы пиролиза следующие фракции: ксилольная – бензольная – толуольная (БТК) или бензол – толуольной) (БТ), C₉.

Во фракции C₅ (T_{кип} 30 – 70 °С) присутствуют изопрен, циклопентадиен, пиперилены, а во фракции C₈ – C₉ (T_{кип} 130 – 190 °С) – стиролы, инден, винилтолуолы.

Нафталиновый концентрат выделяют из тяжелой смолы пиролиза, а также антраценовую, флуореновую, антрацен– фенантреновую, алкинафталиновую.

Значительное влияние на выход и состав отдельных фракций оказывает вид сырья и условия, при которых происходит пиролиз. Так, если сравнить пиролиз газойля с пиролизом газообразного прямогонного бензина, то можно заметить, что происходит резкое увеличение выхода жидких продуктов пиролиза. Происходит значительное увеличение выхода тяжелой смолы. Ароматические углеводороды в пироконденсате, которые испаряются при температуре до 200 °С, уменьшаются.

Таблица 1 – Выход продуктов пиролиза различного сырья при этиленовом режиме (в %) [1]

Продукт пиролиза	Этан	Пропан	Н-Бутан	Бензин		Газойль	
				легкий	средний	атмосферный	вакуумный
Этилен	0,52	37,0	31,0	29,8	27,1	23,5	19,0
Фракция C ₅	0,8	2,8	4,0	5,3	4,9	3,4	2,8
Циклопентадиен	0,1	0,5	0,7	1,5	1,5	1,5	2,0
Циклопентен	0,1	0,4	0,4	1,3	1,4	-	-
Фракция C ₆ -C ₁₀	1,3	4,4	7,4	12,7	15,5	12,4	11,7
Тяжелая смола	0,002	0,05	1,1	4,0	5,0	19,2	25,0

При температуре 790 – 800 °С, и времени контакта 1,5 с выход фракции C₅ (<70 °С) в процессе пиролиза фракции C₂ – C₄ газообразных углеводородов составляет 2,5 – 3,5 % в расчете на сырье. Фракция C₅ пиролиза, состоящая из смеси газообразных углеводородов и бензина, содержит 0,26 – 0,54 % содимеров изопрена, дициклопентадиена и пентадиенами, содержание изопрена составляет 9,47– 13,70 %, циклопентадиена 7,6 – 11,5 %, дициклопентадиена 1,92 – 4,29. Возможно присутствие кислородсодержащих соединений до нескольких процентов.

При пиролизе бензинов (825 – 840 °С) выход фракции C₅ достигает 4,5 – 5,5 % в расчете на сырье. Выход данной фракции в пироконденсате (<200 °С) обычно составляет 10 – 20 % и зависит от режима пиролиза. Состав

фракций C₅, получаемых на некоторых установках при пиролизе бензина, представлен в таблице 1 [1].

Таблица 2 – Состав фракций C₅ пиролиза бензина, получаемых на различных установках [1]

Углеводороды	ЭП-60	ЭП-300	ЭП-450	Углеводороды	ЭП-60	ЭП-300	ЭП-450
C ₄	0,85	1,00	0,98	н-Пентен	13,32	14,49	12,20
3-Метилбутен-1	0,21	0,34	0,40	Транс-Пентен-2	2,4	1,60	1,25
2-Метилбутен-1-ин-3	0,01	0,06	0,11	Цис-Пентен-2	1,29	1,17	1,05
Пентадиен-1,4+бутин-2	0,37	0,99	1,66	3,3-Диэтилбутен-1	0,36	0,98	1,03
2-Метилбутан	7,7	8,45	5,57	Транс-Пентадиен-1,3	3,46	4,68	6,17
Пентен-1	2,44	0,38	2,26	2-Метилбутен-2	3,28	1,49	1,96
2-Метилбутен-1	3,68	3,49	3,40	Циклопентадиен	14,87	6,04	14,54
Изопрен	10,03	12,28	14,20	Циспентадиен-1,3	2,67	2,92	3,68

Фракции жидких продуктов пиролиза используются для получения светлых нефтеполимерных смол, выкипающих при температуре до 200 °С, при производстве темных нефтеполимерных смол используют тяжелую смолу пиролиза или высококипящие фракции.

Выкипающие фракции жидких продуктов пиролиза до 200 °С, используются для производства светлых нефтеполимерных смол, в то время как, фракции выкипающие после 200 °С, используют для получения темных нефтеполимерных смол. При подготовке фракций к полимеризации проводят дистилляцию с целью удаления смолистых компонентов [1].

В работе [2] проводилось исследование по возможности использования фракции C₅, в синтезе светлых нефтеполимерных смол. Особый практический интерес в рассматриваемой работе [2] представляет получение концентрата смолобразующих компонентов на базе фракции C₅ как высококачественного сырья в производстве алифатических нефтеполимерных смол. Исследования были проведены на предельной алифатической фракции C₅ продуктов пиролиза бензина «Ставропольполимер», который в своем составе содержал углеводороды C₄ – 1,0 %, C₅ – (диеновые) – 37,8 %, C₅ – (насыщенные) – 25,6

%, пиперилен – 8,1 %, в том числе изопрен – 13,8 %, циклопентадиен – 15,9 %, C₅ и выше – 14,6 %. В качестве добавки использовали низкомолекулярный полиизобутилен. При температуре 120 – 180 °С, путем олигомеризации фракции C₅ жидких продуктов пиролиза, в присутствии 0,1 – 1,0 % масс низкомолекулярного полибутилена и продолжительностью 0,5 – 2 ч, с дальнейшей отгонкой выкипающих углеводородов до 130 °С, может быть получено сырье содержащее в себе до 42 % концентрата, для получения светлых НПС.

Содержание смолообразующих компонентов в данном сырье составляет от 88,8 – 89,5 %. Этилен – пропиленовые установки, производящие сырье для получения светлых НПС на основе алифатической фракции C₅, который был рассмотрен в работе [2], не нуждаются в больших затратах.

Полученные нефтеполимерные смолы характеризуются хорошими показателями: насыщенным и хорошим цветом (8 – 15 мг йода/100 см³), а также отсутствием веществ, не растворимых в уайт-спирте. Также из приведенного выше сырья могут быть получены НПС с широким диапазоном температур размягчения (60 – 120 °С).

Выход и состав отдельных фракций меняется от состава исходного сырья и условий пиролиза. Если рассматривать ситуацию в целом, то фракции от различных производителей можно охарактеризовать нестабильным содержанием отдельных компонентов, именно этот фактор создает значительные трудности при синтезе нефтеполимерных смол.

Алифатические нефтеполимерные смолы синтезируют на основе фракции C₅ (основными мономерами являются изопрен, пентены, пентадиен – 1,3 (пиперилен) циклопентадиен), ароматические нефтеполимерные смолы – на основе фракции C₉ (основными мономерами являются стирол, α – метилстирол, инден, винилтолуолы, и дициклопентадиен), дициклопентадиеновые – смолы из ДЦПД-концентрата, который содержит в

себе 70 – 95 % дициклопентадиен, а также димеры метилциклопентадиена, индена и стирола и др.

Для синтеза нефтеполимерных смол с точки зрения экономичности необходимо использовать сырье, которое содержит в себе более 30 % реакционно-способных, непредельных углеводородов.

Наиболее распространенными фракциями для синтеза НПС являются фракции C₅, C₉. Также можно использовать специфические фракции с повышенным содержанием одного из мономеров, например, дициклопентадиеновую (ДЦПДФ), циклопентадиеновую (ЦПДФ), стирол – инденовую фракцию и др. [2].

1.2 Синтез нефтеполимерных смол

Синтез нефтеполимерных смол осуществляют с помощью различных катализаторов и применения различных фракций C₅-C₉. Полимеризация нескольких разных мономеров называется сополимеризацией. Так как сырьем для производства нефтеполимерных смол служат не отдельные мономеры, а сложные смеси из мономеров с неполимеризующимися углеводородами (фракции жидких продуктов пиролиза), то при синтезе нефтеполимерных смол является сополимеризация. Обычно, при большинстве случаев, молекулярная масса нефтеполимерных смол не превышает 2000, то получение нефтеполимерных смол следует рассматривать во многих случаях как соолигомеризацию мономеров в растворе.

На соолигомеризацию и свойства получаемых нефтеполимерных смол влияют многие факторы. Таким образом, закономерности, которые присущи ионной (каталитической) и радикальной (термической и инициированной) полимеризации мономеров, характерны и для получения нефтеполимерных смол с использованием этих методов инициирования.

Ионная (каталитическая) полимеризация протекает с образованием либо карбокатиона, либо карбаниона с дальнейшей передачей по цепи

отрицательного или положительного заряда. В процесс синтеза НПС входят несколько основных стадий, таких как предварительная осушка исходного сырья, полимеризация и отстой продукта, нейтрализация полимеризата и его отмывка, отгонка от полимеризата жидких углеводородов. Ароматические, алифатические и сополимерные нефтеполимерные смолы получают путем каталитической полимеризацией. В качестве катионных катализаторов наибольшее распространение получили кислоты Льюиса, также $AlCl_3$, BF_3 , а также многие комплексы на их основе с большим количеством органических соединений (сложными и простыми эфирами, карбоновыми кислотами, альдегидами, фенолами, и т. п.). Очень эффективными являются катализаторы данного ряда $AlBr_3$, $TiCl_4$, $SnCl_4$, алкилалюминийхлориды [1].

В современных работах исследуется возможность получения нефтеполимерных смол на основе алкенилароматических фракций, жидких продуктов пиролиза углеводородов. Такая возможность позволяет использовать смолы на основе алкенилароматических фракций в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, синтезируемые смолы находят широкое применение в лакокрасочной промышленности в качестве заменителей пищевых масел [3].

В работе [4] рассмотрен способ получения заменителей дорогих и дефицитных продуктов природного происхождения, при использовании нефтеполимерных смол. Целью данного изобретения является устранение недостатков, возникающих при ионной и радикальной полимеризации. Эта цель достигается за счет использования в качестве катализатора процесса полимеризации неперелых соединений фракций, пироконденсата четыреххлористого титана и отходов производства диэтилалюминийхлорида в весовом соотношении 1 : (1 – 10).

Использование такой каталитической системы позволяет: 1. Устранить трудности работы с твердым, легко гидролизующимся хлористым алюминием; 2. Устранить стадию уничтожения отходов производства ДЭАХ, заключающуюся в разложении каталитического комплекса щелочным

водным раствором с дальнейшей нейтрализацией образующихся кислых стоков и сжиганием газообразных продуктов разложения алюминий – органических соединений; 3. Улучшить экологическую обстановку на территории производства [4].

1.3. Получение модифицированных нефтеполимерных смол

Для получения нефтеполимерных смол с повышенными физическими, химическими и механическими характеристиками целесообразно проводить модификацию более реакционноспособными соединениями, которые содержат в себе как ненасыщенные связи, так и многие другие функциональные группы. Для неполярных смол, в качестве модифицирующих агентов применяются соединения с полярными группами атомов, такие как: ароматические кислоты, ангидриды на их основе, α , β – ненасыщенные алифатические.

Свойства нефтеполимерных смол значительно зависят от иницирующих или каталитических систем, которые используются для получения, а также способны изменяться в широких диапазонах.

В работе [5] проводилось исследование модификации нефтеполимерной смолы озоном. Озонирование нефтеполимерных смол является наиболее эффективным методом присоединения кислорода по двойным связям в структуре нефтеполимерной смолы. Реакция озонирования проходит без применения катализаторов, не сопровождается большим количеством отходов и побочных продуктов, а самое главное, проходит в очень мягких условиях. Таким способом осуществлять внедрение кислорода по двойным связям в структуру нефтеполимерной смолы очень целесообразно, так как увеличивается целенаправленное химическое превращение для значимых продуктов на основе нефтеполимерной смолы.

Объектами исследования в работе [4] являлись НПС, полученные полимеризацией непредельных соединений дициклопентадиеновой, стирольной фракцией и C_5 фракции жидких продуктов пиролиза при наличии

данной каталитической системы $\text{TiCl}_4\text{-Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$. Модификация путем озонирования нефтеполимерных смол, способствует изменению функционального состава, появляются карбонильные, карбоксильные и пероксидные группы, этот фактор позволяет применять эти смолы для последующих модификаций, таким образом, происходит расширение ассортимента нефтеполимерных смол. Смолы, подверженные озонированию, обладают улучшенными адгезионными и эластическими характеристиками, тем самым будут применяться, для синтеза лакокрасочных материалов и будут обладать большими прочностными характеристиками покрытий на их основе.

Исследование процесса озонирования циклоалифатических нефтеполимерных смол проводилось в работе [6]. Было произведено исследование растворов циклоалифатических нефтеполимерных смол в интервале концентраций 10-40 мас. % и температур 5-60 °С. Было установлено, что в процессе модификации циклоалифатических нефтеполимерных смол возрастает содержание активного кислорода, происходит снижение величины бромного числа, которое характеризует в модифицированной нефтеполимерной смоле наличие двойных связей. В модифицированной нефтеполимерной смоле увеличивается молекулярная масса. Появление в структуре нефтеполимерной смолы полярных групп приводит к увеличению температуры размягчения. Варьирование концентрации рабочего раствора смол от 10-40 мас. % приводит к понижению степени озонирования, способствует уменьшению молекулярной массы и приводит к уменьшению температуры размягчения. На степень озонирования не оказывает большого влияния фактор понижения температуры процесса в пределах от 60 до 5 °С, но существенно оказывает влияние на увеличение молекулярной массы и температуры размягчения. Нефтеполимерные смолы, подвергшиеся модификации, имеют не насыщенность цвета, а покрытия на их основе, позволяют использовать их в качестве пленкообразующих компонентов для лакокрасочных материалов,

которые являются дефицитом. Озонирование как процесс модификации нефтеполимерных смол, с точки зрения экологических аспектов, является экологически чистым, так как используется кислород в качестве окислителя и происходит полная утилизация используемого озона.

В работе [7] проводили исследование модификации нефтеполимерных смол путем введения в структуру смолы групп, содержащих кислород, с помощью окислительных агентов, которые образовывались путем пропускания через водный раствор серной кислоты электрического тока. С помощью каталитической полимеризации в течение 60 мин. поддержания температуры около 60 °С, с помощью каталитической системы $TiCl_4-Al(C_2H_5)_2Cl$ (не более 1% от массы исходного сырья) были получены модифицированные нефтеполимерные смолы. Использовали смесь, из которой состоял окислительный агент, включающий в себя пероксид водорода, моно - и надсерной кислоты, кислород и озон, полученную путем электролиза серной кислоты. Таким образом, способ, рассмотренный в работе [7] модификации НПС, позволяет вводить по месту двойных связей и третичных углеродных атомов группы, содержащие кислород, проводить процесс в мягких условиях и с большой селективностью. Рассмотренный способ модификации нефтеполимерной в работе [7] позволяет улучшить химические и физические характеристики, увеличивается атмосферная стойкость смолы и покрытий на их основе, увеличивается адгезия, улучшается цвет раствора нефтеполимерной смолы, при модифицировании происходит отсутствие побочных продуктов. Это все в совокупности является главным преимуществом данного процесса.

В работе [8] использовали эфир винилбутиловый с температурой кипения 93,8 °С как модифицирующий агент в количестве 10 % по масс. Перед началом синтеза исходный мономер для получения нефтеполимерной смолы очищали перегонкой на роторном испарителе. В течение 180 мин. и поддержании температуры в 80 °С производили сополимеризацию ароматической фракции смолы C_9 при помощи катализаторов тетрахлорида

титана, и каталитической системы состоящей из тетрахлорида титана и диэтилалюминий хлорида, взятых при соотношении 1:1, к диэтилалюминий хлориду. Количество этилалюминийхлорида необходимо было взять по количеству этилалюминийхлорида в каталитической системе тетрахлорид титана и этилалюминийхлорида в соотношении (1:1, моль). Такой вид полимеризации способствует получению полимеров с выходом от 34 до 50 %, эти данные указывают на очень высокую каталитическую активность этилалюминийхлорида в условиях, выбранных для полимеризации. В работе [8] было проведено исследование и установлено, что полимеризация ароматической исходной фракции C_9 под влиянием этилалюминийхлорида способствовала получению полимера с выходом около 15 %.

В работе [9] исследование было посвящено сополимеризации ненасыщенных соединений фракции жидких продуктов пиролиза под действием катализаторов Циглера-Натта и акриловых мономеров и изучению свойств полученных сополимеров. В качестве исходной фракции для получения модифицированных НПС была взята ДЦПДФ с температурой выкипания 110 – 190 °С жидких продуктов пиролиза прямогонного бензина установки ЭП-300 ООО «Томскнефтехим», с содержанием 50–55 % дициклопентадиена. Предварительной перегонкой при атмосферном давлении исходной ДЦПДФ получена ЦПДФ, которая не подлежала хранению. Модифицирующими агентами были выбраны акриловые мономеры: метилметакрилат и бутилметакрилат, взятые в количестве 10 и 20 % от массы фракции. Сополимеризация ЦПДФ и акриловых мономеров проводилась под действием четыреххлористого титана и каталитической системы диэтилалюминий хлорида, взятых в эквимолекулярном соотношении, при температуре 60 °С в течение 60 мин. Концентрация тетрахлорида титана равнялась 2 %. Рассмотренный вид модификации путем полимеризации фракции ЦПДФ модифицированной метилметакрилатом, в работе [9] при использовании катализаторов Циглера-Натта, приводит к высоким техническим показателям: эластичности, адгезии, более высокой

температуре размягчения нефтеполимерной смолы, наряду с улучшением вышеперечисленных свойств наблюдается изменение цвета смолы в более темный.

В работе [10] рассматривался метод получения окисленных НПС путем окисления пероксидом водорода в условиях межфазного катализа. Главным преимуществом такого метода межфазного катализа являются широкая область применения, простота аппаратного процесса, возможность реализации в мягких условиях, возможность регулирования селективности процесса и больших выходов продуктов реакции. Объектом исследования являлась НПС на основе фракции жидких продуктов пиролиза прямогонного бензина, с повышенным содержанием дициклопентадиена, полученная в присутствии каталитической системы $TiCl_4$ (2%) + $Al(C_2H_5)_2Cl$ (1:1 моль) с выходом 45%. Окисление 30% раствора НПС, осуществляли пероксидом водорода (39% водн.) в эмульсии, в присутствии катализатора окисления, молибдата аммония, в количестве 0,05% от массы реакционной смеси. Концентрацию пероксида водорода варьировали от 0 до 5 % от общей реакционной массы. Тетрабутиламмоний йодистый в количестве 1%, от органической части реакционной смеси применили для гомогенизации среды как межфазный агент. Добавление пероксида водорода проводили путем дозирования при температуре 40-45 °С, далее при 70 °С в течении одного часа, выдерживали и перемешивали реакционную массу. На процесс окисления (модифицирования) оказывает количество окислителя. Исходя из результатов в таблице 3, можно сделать выводы, что увеличение количества окислителя приводит к увеличению величины активного кислорода и уменьшение величины бромного числа, однако происходит частичное разложение пероксидных группировок и превращение в продукты более глубокого окисления.

Таблица 3 – Свойства НПС_{С9} в зависимости от концентрации H₂O₂

Определяемые числа	НПС _{Сисх}	1% H ₂ O ₂	3% H ₂ O ₂	5% H ₂ O ₂
Бромное число, г Br ₂ /100 г НПС	60,8	50,5	44,6	37,5
Гидропероксидное число, %	1,54	3,18	3,74	2,54
Кислотное число, мг КОН/100 г НПС	4,1	11,4	23,5	37,9
Эпоксидное число, %	0,56	6,63	8,86	13,47

В работе [11] проводили исследования в области эпоксидирования ароматической нефтеполимерной смолы фракции С₉, в качестве модификатора была выбрана надуксусная кислота. Эпоксидирование раствора 50 %-ой нефтеполимерной ароматической смолы фракции С₉ в толуоле производилась в системе вода–уксусная кислота при использовании в каталитической системе минеральных кислот. При помощи дозирования производили добавление каталитической системы при температуре 50-55 °С, далее при 75 °С при постоянном перемешивании смесь выдерживалась в течение одного часа. Непрореагировавших кислоты, удалялись путем неоднократной промывкой дистиллированной водой до рН 7. С помощью метода центрифугирования был отделен органический слой от водного, и органический слой был высушен при комнатной температуре на воздухе. На процесс эпоксидирования сильное воздействие оказывает количество окислителя [12]. По приведенным графикам на рис 1. можно сказать, что с максимальной эффективностью процесс идет уже при отношении пероксида водорода к нефтеполимерной смоле равным 0,5. Протекание максимально эффективного процесса не зависит от соотношения воды и уксусной кислоты. При соотношении воды к уксусной кислоте равным одному, происходит снижение неопределенности до максимального значения, по эпоксидной группе селективность равна 80 %, однако, при соотношениях нефтеполимерная смола к пероксиду водорода при 0,5 и 0,3, по эпоксидной группе селективность равна 93 %. Такие значения можно объяснить тем фактором, что при больших концентрациях окислителя протекает данный процесс в направлении глубокого окисления.

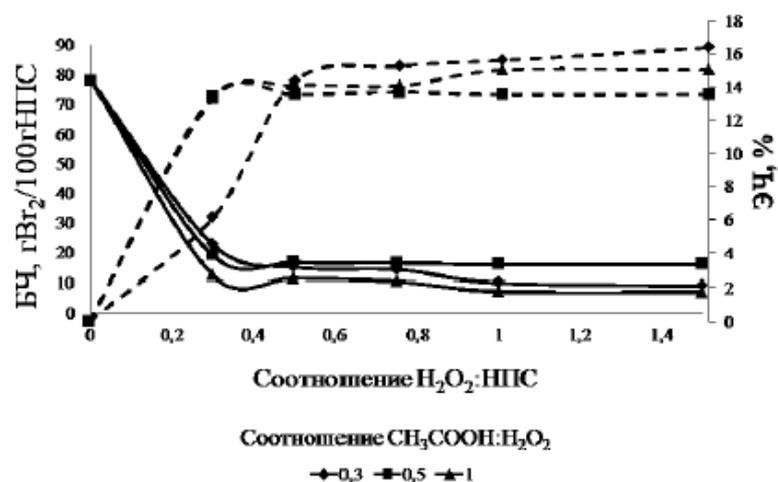


Рисунок 1 – Зависимость бромного и эпоксидного чисел от массового соотношения H_2O_2 : НПС при различных мольных соотношениях CH_3COOH : H_2O_2 (— — бромное число, - - - - эпоксидное число)

Образование эпоксидированных групп наблюдается при низком содержании окислителя, при этом образование карбоксильных групп происходит в незначительном количестве. Было выявлено в ходе исследования, что при увеличении соотношения уксусная кислота - вода, наблюдалось увеличение значений относительных (по 1375 см^{-1}) интенсивностей полос поглощения в областях 3440 , 1700 и 1240 см^{-1} и снижение интенсивности в области 1601 см^{-1} . Основываясь на этих данных, можно предположить, что образуются преимущественно гидроксильные, карбонильные, эпоксидные группы, благодаря двойным связям между атомами углерода. Увеличение мольного соотношения уксусная кислота - вода приводит к снижению бромного числа и увеличению эпоксидного числа.

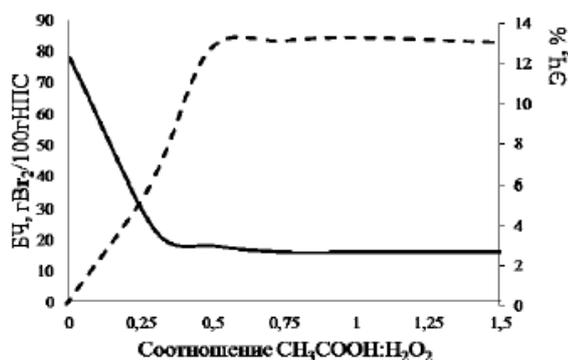


Рисунок 2 – Зависимость бромного и эпоксидного чисел от мольного соотношения CH_3COOH : H_2O_2 (— — бромное число, - - - - эпоксидное число)

При таком соотношении предельные значения достигаются уже при 0,5 – 0,7. Данное соотношение наиболее вероятно является оптимальным, для того, чтобы провести стабилизацию образующейся надуксусной кислоты. Образование эпоксицированных групп и селективность составляет 90 %. Селективность составляет 90 %, при образовании эпоксицидных групп. На свойства получаемых продуктов и процесс окисления, оказывает вид и количество кислотного катализатора. В реакции Прилежаева, по имеющимся данным общий кислотный катализ не проявляется. Однако, реакция олефинов с надуксусной кислотой, подвержена катализу при использовании сильных кислот. По полученным данным, исходя из свойств нефтеполимерных смол, полученной описанным выше способом, было определено, что количество катализатора оказывает влияние на селективность и свойства нефтеполимерной смолы очень существенно [13]. Было предположено, что серная кислота, которая служит в качестве катализатора в реакции окисления, при увеличении в реакционной смеси реагента происходит переход уксусной кислоты в надуксусную. Низкая селективность наблюдается в случае отсутствия катализатора, она наблюдается, как в сторону эпоксицирования, так и в сторону глубокого окисления. Надуксусная кислота расходуется интенсивнее при увеличении концентрации серной кислоты. Это объясняется тем, что сильная кислота является катализатором разложения в реакционной смеси эпоксицированных групп. Уменьшение содержания активного кислорода подтверждает данное предположение. При модифицировании нефтеполимерной смолы путем эпоксицирования с использованием серной кислоты и фосфорной кислоты 0-0,7 % наблюдаются близкие зависимости эпоксицидного и бромного числа (рис.3).

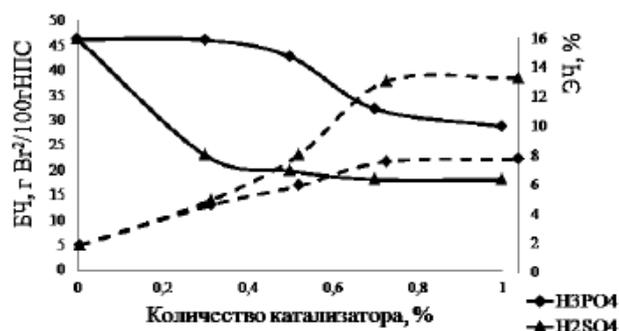


Рисунок 3 – Зависимость бромного и эпоксидного чисел от концентрации и вида катализатора (— — бромное число, - - - - эпоксидное число)

На рис. 4 изображены изменения зависимости эпоксидного и бромного числа, на рис. 5 представлены величины зависимости в процессе окисления активного кислорода.

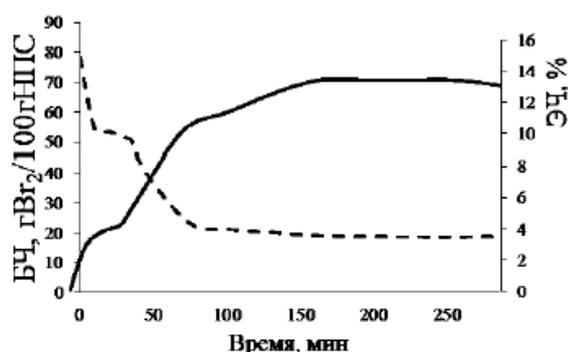


Рисунок 4 – Зависимость величины бромного и эпоксидного чисел от времени реакции (— — бромное число, - - - - эпоксидное число)

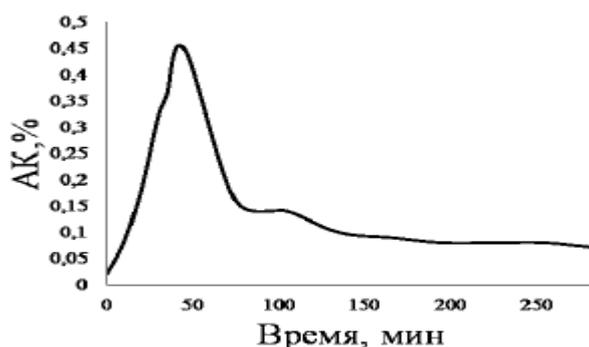


Рисунок 5 – Зависимость величины активного кислорода от времени реакции

По представленным графикам зависимости можно предположить об особенностях происходящего процесса при модификации нефтеполимерной смолы. Наблюдается увеличение при добавлении эпоксилирующей системы в реакционной смеси пероксидных групп, об этом свидетельствует присутствие активного кислорода.

Исходя из рассмотренного литературного обзора, можно сделать следующие выводы: существует множество способов модификации нефтеполимерных смол, приводящих к улучшению свойств НПС.

1.4 Применение нефтеполимерных смол

Со временем нефтеполимерные смолы и композиции на их основе нашли очень широкое применение в различных сферах жизнедеятельности человека. Применяются нефтеполимерные смолы в лакокрасочных изделиях, материалах, мастиках, адгезивах, бумагах, уплотняющих составах.

Нефтеполимерные смолы не имеют высокую стоимость, по этой причине они являются качественными заменителями продуктов синтетического и природного происхождения, таких как альбумина, канифоли, растительных масел, инден-кумароновых и фенолформальдегидных смол.

Нефтеполимерные смолы представляют огромный практический и экономический интерес для снижения расхода дефицитных и дорогих продуктов, которые имеют природное происхождение [14]. Замена синтетическими смолами растительных масел позволяет снизить время высыхания покрытий, также способствует увеличению их механических и эксплуатационных свойств.

Для получения порошковых красок [15], имеющих высокую коррозионную стойкость и превосходный внешний вид даже на поверхности металлической подложки, используют (а) полиэфирную смолу, (б) акриловую смолу, (в) эпоксидную смолу и пигмент. В качестве дополнительной добавки для улучшения адгезии добавляется нефтеполимерная смола.

Основным направлением в использовании нефтеполимерных смол за рубежом стало их использование для изготовления множества видов адгезивов. Параллельно на территории бывшего Советского Союза наиболее

широкое применение нефтеполимерные смолы нашли как компоненты композиций с алкидными смолами, которые входили в состав красок и лаков.

Замена растительных масел в производстве красок и лаков, олиф нефтеполимерных и эмалей нефтеполимерными смолами позволяет значительно экономить на изначальном дорогом сырье.

За счет физического молекулярного взаимодействия нефтеполимерные смолы образуют пленку, таким образом, целесообразно использовать нефтеполимерные смолы в сочетании с отвержденными химическим способом пленкообразователями.

По этой причине разновидность таких смол должна иметь с растительными окисленными минеральными маслами. В состав лакокрасочных композиций, помимо нефтеполимерных смол и растительных масел, входят сиккативы, различные пигменты, растворители и наполнители [16].

В работе [17-18] был разработан способ использования НПС в качестве стабилизатора водомасляных эмульсий. Технический результат достигается тем, что стабилизатор эмульсий на основе полимеров содержит нефтеполимерную смолу, полученную полимеризацией дициклопентадиеновых фракций жидких продуктов пиролиза прямогонного бензина. Нефтеполимерную смолу НПС_{дцпд} растворяют в ароматическом углеводороде (бензол, толуол, ксилол) до получения насыщенного раствора. Насыщенный раствор НПС_{дцпд} при интенсивном перемешивании вносят в использованное масло в количестве 0,001 до 0,5 масс % и добавляют воду. Стабильность полученной эмульсии определяют в условиях механических нагрузок. В качестве полностью отработанного масла берут остатки автомобильных и промышленных масел нефтяного происхождения. Такой способ помогает не допустить вовлечение сложных синтетических смесей в создание эмульсий такого типа, что является непосредственно большим успехом.

Также нефтеполимерные смолы применяют в качестве защитной обработки древесины, в работе [19] проводили исследование в качестве применения модифицированной нефтеполимерной смолы отходами полиметилметакрилата, на основе фракции С₉. Пропитка древесных материалов, по полученным экспериментальным данным, низкомолекулярным модифицированным сополимером ароматической фракции С₉, позволяет значительно продлить срок службы древесины за счет снижения показателей разбухания и водопоглощения, следовательно, эффективно защитить такие изделия от преждевременного разрушения. Была использована нефтеполимерная смола, полученная благодаря продуктам нефтехимии и отходам ПММА. Внедрение отходов позволит улучшить экологическую обстановку на Земле.

1.5 Общая характеристика эмульсий

Водомаслянные эмульсии широко используют в технологиях увеличения нефтеотдачи пластов, а так же, в процессах газодобычи, нагнетательных и добывающих скважин, обработка высокообводненных коллекторов, для отсутствия проницаемости пластов в призабойной зоне. За последние годы эмульсии структурированного типа нашли свое применение в технологии гидравлического разрыва нефтенесущих малопроницаемых пластов.

Устойчивость эмульсий, как механическая, так и структурная, формируется благодаря применению в их производстве дорогих (ПАВ), поверхностноактивных веществ. Но специальные ПАВ, которые используются для получения эмульсий, необходимо заменять моторными маслами и отработанными нефтепродуктами.

Различного рода масла (смазочные жидкости) содержат в своем составе ПАВ, различного вида присадки, соли алкилкарбоновых кислот, а также алкил-сульфоновых кислот. Так как в процессе эксплуатации масел накапливаются и образуются в значительных количествах смолистые

вещества, которые благодаря присадкам, в свою очередь, являются эффективными поверхностноактивными веществами.

Полученные олигомеризацией нефтеполимерные смолы из непредельных жидких соединений продуктов пиролиза, смолы с модифицированной структурой и прямогонного бензина обладают своими уникальными свойствами. Связующим звеном между водой и маслом в эмульсии, могут быть лиофобные и лиофильные центры, структура смолы.

Эмульсии - это дисперсные системы, в которых одна жидкость диспергирована в мельчайших сферических каплях в другой жидкости. Вещество капель является дисперсной или внутренней фазой. Вещество, представляющее собой окружающую жидкость, называется дисперсной фазой. Согласно классификации дисперсных систем по данным агрегатного состояния, эмульсий обозначены ж / ж (есть также газовые эмульсии или дисперсной системы г / ж). Однородные эмульсии по внешнему виду состоят из двух практически нерастворимых жидкостей друг в друге. Полная или частичная нерастворимость дисперсной фазы в дисперсной среде является необходимым условием для формирования эмульсии. Почти все эмульсии содержат воду в качестве одной из фаз, примером может служить вода в нефти.

Как правило, в эмульсиях и водная фаза, и масляная характеризуются многокомпонентностью и представляют собой сложные смеси.

Различают два вида эмульсий: прямую и обратную. В прямых эмульсиях диспергируется масляная фаза, водная остается непрерывной, сплошной. Их обозначают м-в (масло в воде). В обратных эмульсиях диспергируется водная фаза, а жировая основа остается непрерывной. Их обозначают в / м (вода в масле). Как правило, эмульсии, как на водной фазе, так на и масляной фазе характеризуются как многокомпонентные и сложные смеси.

В случае одинакового размера всех капель эмульсия будет считаться монодисперсной, но чаще эмульсия состоит из капель разного размера,

поэтому их называют полидисперсными. Концентрация дисперсной фазы эмульсии делится на разбавленную, концентрированную и высококонцентрированную. Концентрация эмульсий обычно характеризуется объемной долей диспергированной фазы, которая равна суммарному объему частиц диспергированной фазы, деленному на общий объем эмульсии.

По практическим соображениям концентрация эмульсии выражается в массовых процентах, то есть количестве частиц дисперсной фазы (г) на 100 г эмульсии. Разбавленные эмульсии содержат до 0,1 % диспергированной фазы. Они сильно диспергированы, диаметр капель около 10 нм, капли имеют правильную сферическую форму.

В эмульсиях с концентрацией дисперсной фазы 25 – 50 % вязкость практически не отличается от вязкости дисперсионной среды. Чтобы улучшить агрегационную стабильность таких эмульсий и придать некоторые реологические свойства диспергирующей среде, необходимо добавлять вещества, которые увеличивают вязкость, т.е. в таких случаях применяют загустители.

Высококонцентрированная эмульсия (с концентрацией дисперсной фазы более 74 %) имеет обычно деформированную каплю, а дисперсионная среда часто превращается в тонкий слой. В некоторых случаях сохраняется высокая степень полидисперсности в высококонцентрированных эмульсиях со сферическими частицами. Из-за полидисперсности небольшие капли заполняют большие пустоты между сферическими частицами [20].

1.6 Применение нефтеполимерных смол в качестве эмульгаторов в водомасляных эмульсиях

Для стабилизации водомасляных эмульсий применяют различные эмульгаторы. В данной работе применяются алифатические нефтеполимерные смолы, а также модифицированные нефтеполимерные смолы. В работе [21] были получены водомасляные эмульсии на основе

минерального масла И – 20А с применением окисленной ароматической нефтеполимерной смолы в качестве эмульгатора. В состав эмульсии была введена присадка – ингибитор атмосферной коррозии на основе солей циклогексиламина и синтетических жирных кислот $C_{10} - C_{16}$. По результатам исследования было выявлено, что снижение температуры приводит к повышению вязкости водомасляных эмульсий. Наличие одного или нескольких предельных значений динамической вязкости при отрицательных температурах свидетельствует о замерзании эмульсии. Увеличение содержания масла сопровождается снижением температуры застывания эмульсии. Эмульсии, модифицированные нефтеполимерными смолами, могут использоваться при отрицательных температурах.

Продолжаются работы по исследованию эмульсий в отрицательных температурах. В работе [22] объектом исследования являлась ароматическая нефтеполимерная смола фракции C_9 , полученная термической полимеризацией. Раствор 30 % ной смолы в ксилоле был подвержен окислению пероксидом водорода с концентрацией в промежутке от 1 до 5 % от массы смолы. На основании исследования было выявлено, что эмульсия стабилизированная $ОНПС_{5\%H_2O_2}$ окисленной ароматической нефтеполимерной смолой 5 % H_2O_2 имеет наибольшую вязкость при отрицательных температурах. Таким образом, при стабилизации водомаслянной эмульсии $НПС_{C_9}$ и $ОНПС$ повышается вязкость полученных эмульсий по сравнению с неокисленной $НПС_{C_9}$, что дает возможность применения окисленной ароматической нефтеполимерной смолы 3 и 5 % H_2O_2 в составе эмульсий, которые способны применяться в качестве смазочно-охлаждающих материалов.

Проводятся реологические изучения эмульсий для получения криогелей в работе [23]. Исследование проводили замораживанием концентрированных водных растворов поливинилового спирта (ПВС) до состояния ледяных образцов, что при последующем оттаивании при комнатной температуре приводило к образованию упругих криогелей. При

приготовлении криогелей использовали водный раствор (ПВС) концентрацией 5 % мас. В качестве жидкого наполнителя решили использовать нефтеполимерную ароматическую смолу фракции С₉, которая была получена термической полимеризацией (НПС_{С₉}) в количестве 30 мас. %. Для дальнейшего применения НПС в качестве наполнителя для криогелей, было проведено окисление 30 %-го раствора НПС_{С₉} в смеси растворителей сольвент: дизельное топливо в соотношении 90:10 мас.% пероксидом водорода, концентрация пероксида составляла 1 % (ОНПС_{1%}) и 3 % (ОНПС_{3%}) от массы смолы. В качестве поверхностно-активного вещества (ПАВ) использовали водородорастворимый образец Неонол АФ₉₋₁₂ в количестве 0,1 мас. %.

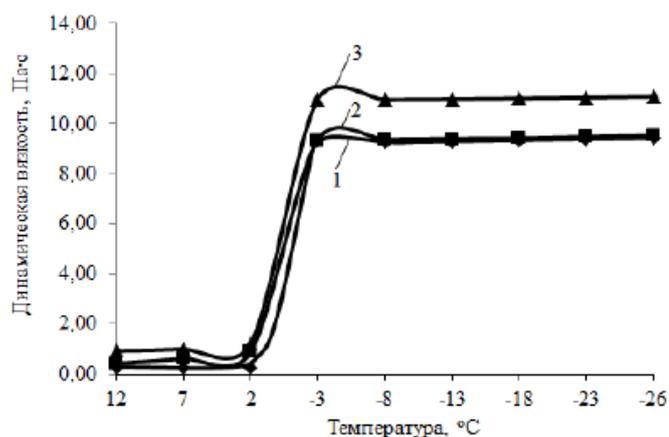


Рисунок 6 – Динамическая вязкость при отрицательных температурах: 1 – 5 % ПВС; 2 – ОНПС_{1%} (окисленная нефтеполимерная смола 1 % H₂O₂); 3 – ОНПС_{3%} (окисленная нефтеполимерная смола 3 % H₂O₂)

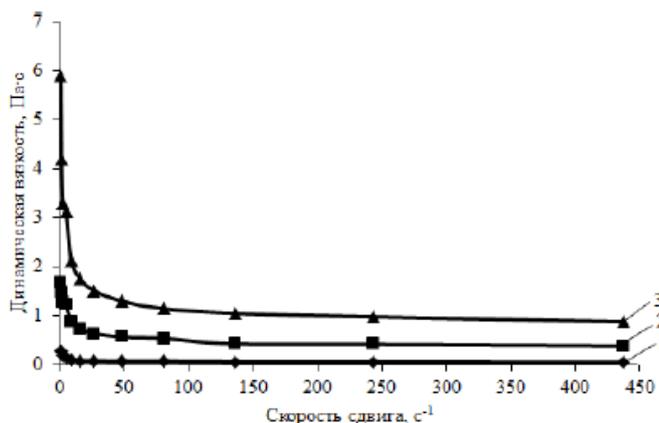


Рисунок 7 – Зависимость динамической вязкости от скорости сдвига 1 – 5 % ПВС; 2 – ОНПС_{1%} (окисленная нефтеполимерная смола 1 % H₂O₂); 3 – ОНПС_{3%} (окисленная нефтеполимерная смола 3 % H₂O₂)

Из рис. 6 следует, кривые на данном графике показывают повышение вязкости водомасляных эмульсий. Чем больше пероксида водорода при окислении, тем выше вязкость у полученных эмульсий. Было установлено, что вязкость эмульсий с добавлением ОНПС_{1%} и ОНПС_{3%} в количестве 30 мас. % в полимерный раствор, так же, как и вязкость дисперсионной среды (водный раствор ПВС), уменьшается с увеличением скорости сдвига, для этих систем характерно не ньютоновское поведение. Полученные результаты показывают возможность формирования криогелей с окисленной ароматической нефтеполимерной смолой. Криогели с добавкой в виде окисленной ароматической нефтеполимерной смолой найдут практическое применение при строительстве и ремонте дорог в районах с резкоконтинентальным климатом.

2. Объект и методы исследования

Объектом исследования являлась олифа на основе фракции C_5 , с концентрацией 52,5 %.

Выделение нефтеполимерной смолы из раствора олифы осуществляли двумя путями:

1. Удалением растворителя в тонком слое исходного образца за счет естественных потоков воздуха.

2. С помощью установки прямой перегонки.

2.1 Методика проведения окисления

Окисление смолы осуществляли при различных концентрациях H_2O_2 (1 – 9 %). Установка для окисления приведена на рис 8.

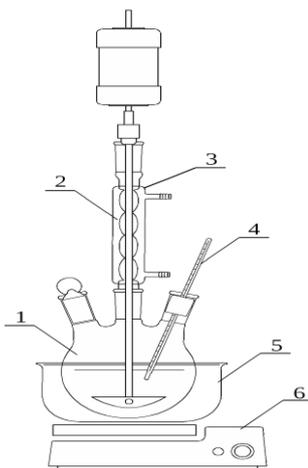


Рисунок 8 - Схема лабораторной установки проведения синтеза нефтеполимерных смол: 1 – 3-хгорлая колба; 2 – холодильник обратный; 3 – мешалка стеклянная; 4 - терморегулятор; 5 – баня водяная; 6 – электроплитка

Условия окисления:

- 1) 30 % р-р смолы в растворителе ксилоле;
- 2) 1 % H_2O_2 от массы сухого остатка смолы;
- 3) $(NH_4)_2MoO_3$ который является катализатором, берется в количестве 0,2% от суммы органической части (сухого остатка смолы и растворителя) + H_2O_2 ;

4) $(C_4H_9)_4NI$ 1 % от органической части;

Выделенную смолу растворили до 30 % раствором ксилола. Далее 30%-й раствор НПС в ксилоле окисляли 36,2 %-ым водным раствором пероксида водорода, с плотностью $1,4 \text{ г/см}^3$. Количество пероксида водорода брали 1 % от количества сухого остатка нефтеполимерной смолы в пересчете на 100 % H_2O_2 .

Молибдат аммония применяли в качестве катализатора окисления, катализатор был взят в количестве 0,2 % от общей массы реакционной смеси. Йодистый тетрабутиламмоний применили в качестве эффективного эмульгирования реакционной среды, который был взят в количестве 1% от массы органической реакционной смеси. Добавление йодистого тетрабутиламмония, позволяет облегчать экстракцию из водной фазы окисленных частиц в органическую фазу. В реакционную смесь добавляли раствор H_2O_2 , одинаковыми порциями в течение одного часа, порция состояла из объема 0,2 мл, при температуре процесса $40 \text{ }^\circ\text{C}$, далее реакционную смесь раствора выдерживали при температуре $75 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение одного часа. Затем сливали полученный раствор смолы в делительную воронку и оставляли на сутки для разделения полученной эмульсии. После разделения эмульсию промывали дистиллированной водой более 3-х раз. Для окисления 1 % пероксида водорода брали 250 г смолы, в дальнейшем массу исходной смолы уменьшили до 200 г.

Расчет загрузки:

Расчет массы сухого остатка смолы:

$$\frac{250}{x} = \frac{100\%}{30\%} = 75 \text{ г.}$$

Тогда:

Смешав 75 г – смолы и 175 г. растворителя, получим 250 г – 30 % раствора нефтеполимерной смолы.

Расчет для 1% H_2O_2 от сухого остатка смолы:

$$\frac{75}{x} = \frac{100\%}{1\%} = 0,75 \text{ г.}$$

$$\frac{0,75}{x} = \frac{36,2\%}{100\%} = 2,07 \text{ г.}$$

$$V = \frac{2,07}{1,45} = 1,42 \text{ мл.}$$

Добавляем по 0,2 мл каждые 10 минут.

Расчет количества катализатора $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_3$:

$$250 + 2,07 = 252,07 \text{ г.}$$

$$\frac{252,07}{x} = \frac{100\%}{0,2\%} = 0,5041 \text{ г.}$$

Расчет $(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{NI}$:

$$\frac{250}{x} = \frac{100\%}{1\%} = 2,5 \text{ г.}$$

2.2 Методика определения цвета по йодометрической шкале

Этот метод принят в качестве основного для нормализации цвета растительных масел, олиф, растворителей, сиккативов, растворов смол, непигментированных лакокрасочных материалов и полупродуктов. Цвет нефтеполимерной смолы играет важную роль в оценке возможных областей их применения. Количественная оценка цвета определяется визуально по сравнению с эталонной шкалой. Для определения цвета йодометрическим методом готовят 50 % раствор смолы, цвет сравнивают с цветом эталонной стандартной шкалой. Йодометрическая шкала - это набор из 34 запаянных ампул или флаконов из бесцветного стекла (высотой 100 мм с внутренним диаметром 10 мм и наружным — 12 и 13 мм), содержащих по 5 мл растворов различной концентрации йода в растворе йодида калия. Ампулы помещают в специальный ящик с гнездами. Йодометрическая шкала включает в себя следующее количество ампул, которые соответствуют определенному количеству йода (в мг) в 100 мл 0,5 н раствора: 0,25; 0,50; 1; 2; 3; 4; 5; 7; 10; 15; 20; 30; 40; 60; 80; 100; 130; 160; 200; 220; 250; 280; 300; 400; 500; 700; 800; 900; 1100; 1400; 1600; 1800; 2000; 2400. В чистую сухую пробирку наливают около 5 мл исследуемого материала (масло, лак и т. д.) и выбирают наиболее подходящую цветовую гамму ампулы или двух ампул, между которыми

укладывается цвет исследуемого материала. В результате теста цвет берется присвоенному номеру ампулы, т. е. количество миллиграммов йода растворенного в 100 мл раствора 0,5 н [24].

2.3 Методика определение температуры размягчения

Температура размягчения - это температура, при которой смола или битум размягчается и переходит в капельно – жидкое состояние при заданных условиях. Температура размягчения битумов, асфальтов, смол и синтетических смол определяется на лабораторном устройстве, показанном на рис. 9. Прибор состоит из металлического штатива, на котором укреплены два кольца с высотой 6,35 мм, и внутренний. В кольцо, нагревают до 50 °С, наливают с некоторым избытком предварительно расплавленной смолой или битумом, после охлаждения нагретого ножа отрезают излишки смолы; в центре каждого кольца со смолой помещают шарик, слегка вдавливая его в смолу. Вставив кольца в отверстие пластины прибора, ставят штатив в стакан и устанавливают аппарат на штатив. После 15 минут собранное устройство нагревается в печи так, чтобы температура повысилась на $5\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ в течение 1 минуты. Температура, при которой смола, провисает под давлением, шарик касается поверхности нижней пластинки, принимают за температуру размягчения [20].

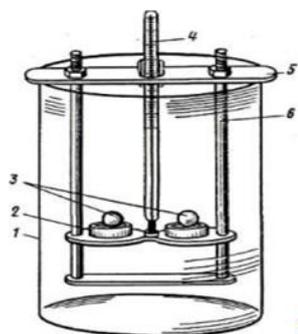
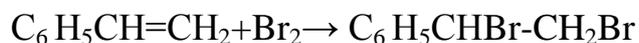


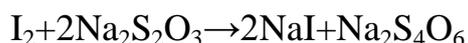
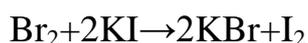
Рисунок 9 – Прибор «Кольцо и шар»: 1 – стакан; 2 – латунные кольца; 3 – стальные шарики; 4 – термометр; 5 – крышка; 6 – штатив, диаметром 15,9 мм, двух стальных полированных шариков диаметром 9,53 мм и толстостенного стакана высотой 150 мм и наружным диаметром 120 мм.

2.4 Методика определение бромного числа

Бромное число – число граммов брома, присоединившегося к 100 г исследуемого вещества. Оно характеризует содержание в нем непредельных соединений:



Бромное число определяют следующим образом. В две конические колбы с притертыми пробками емкостью по 200 мл помещают навески (массой 0,4 г) анализируемого вещества. Взвешивают навески на аналитических весах. В колбы добавляют по 20 мл CCl_4 для полного растворения навески. Содержимое перемешивают и охлаждают в ледяной бане до 5 °С. Затем в каждую колбу добавляют охлажденный 0,1 н раствор Br_2 в ледяной уксусной кислоте в таком количестве, чтобы содержание колб оставалось желтым от избытка брома и после охлаждения. Полученные смеси снова охлаждают в темном месте в течение 5 минут. После завершения бромирования прибавляют 10 мл 10%-го раствора KI . Выделяющийся йод сразу титруют 0,1 н раствором $Na_2S_2O_3$, в присутствии 2 мл крахмала. Титрование продолжают до исчезновения синей окраски растворов:



Во время титрования содержимое колб энергично взбалтывают для лучшего контакта йода с водным раствором тиосульфата натрия. Параллельно проводят титрование смеси 20 мл CCl_4 , 1мл 0,1 н раствора брома и 10 мл 10 %-го раствора KI без анализируемого вещества (холостой опыт) [24].

Бромное число рассчитывают по формуле:

$$Б. Ч. = \frac{(a-b) \cdot 0,008 \cdot K \cdot 100}{g},$$

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 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, пошедший на титрование навески исследуемой смеси, мл;

g – навеска анализируемого вещества, г;

0,008 – число граммов брома, соответствующее 1 мл 0,1н раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;

K – поправка на 0,1н раствор $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

При титровании исходной смолы:

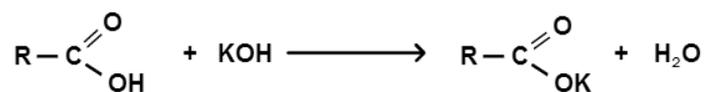
$$\text{Б. Ч.} = \frac{(18,2-4) \cdot 0,008 \cdot 1 \cdot 100}{0,1358} = 83,65 \text{ г/100 г};$$

$$\text{Б. Ч.} = \frac{(18,2-4,5) \cdot 0,008 \cdot 1 \cdot 100}{0,1385} = 79,13 \text{ г/100 г};$$

Среднее: 81,4 г/100 г.

2.5 Методика определения кислотного числа

Кислотное число – число миллиграммов гидроксида калия, необходимое для нейтрализации свободных карбоновых кислот, которые содержатся в 1 г анализируемого вещества. Кислотное число определяют титрованием навески вещества спиртовым раствором гидроксида калия:



Методика определения следующая. В две чистые сухие колбы емкостью по 100 мл помещают навески (по 0,2 – 0,3г) анализируемого вещества, взвешенные на аналитических весах. В колбы приливают по 15 мл толуола, добавляют 3-4 капли индикатора и титруют 0,1 н спиртовым раствором гидроксида калия. Конец титрования определяют по изменению окраски раствора от желтой в кислой среде до голубой в щелочной. Параллельно проводят титрование 15 мл толуола без навески анализируемого вещества (холостой опыт) [19].

Кислотное число рассчитывают по формуле:

$$\text{К. Ч.} = \frac{(a-b) \cdot 0,0056 \cdot K}{g},$$

где

a – объем 0,1 н раствора КОН, пошедший на титрование анализируемого вещества, мл;

b – объем 0,1 н раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, пошедший на титрование холостой пробы, мл;

g – навеска анализируемого вещества, г;

0,0056 – число граммов КОН в 1 мл 0,1н раствора КОН;

K – поправка на 0,1 н раствор КОН.

При титровании исходной смолы:

$$\text{К. Ч.} = \frac{(0,6-0,01) \cdot 0,0056 \cdot 0,9 \cdot 1000}{0,1059} = 28 \text{ мг/г};$$

$$\text{К. Ч.} = \frac{(0,7-0,01) \cdot 0,0056 \cdot 0,9 \cdot 1000}{0,1121} = 31 \text{ мг/г};$$

Среднее: 29,5 мг/г.

2.6 Методика определения эпоксидного числа

Сущность метода состоит в титровании раствором щелочи или азотнокислого серебра избытка соляной кислоты в ацетоновом растворе после реакции с эпоксидным соединением.

В коническую колбу вместимостью 100 мл вносят 0,1 – 0,5 г анализируемого продукта и растворяют в 5 мл толуола. Пипеткой прибавляют 10 мл ацетонового раствора соляной кислоты. Ацетоновый раствор готовили способом перемешивания компонентов ацетона и соляной кислоты в соотношении 4:1. Смесь выдерживают при комнатной температуре в течение 30 мин. В колбу вносят 2 – 3 капли метилового красного и титруют содержимое 0,1 н раствором гидроокиси калия до исчезновения красной окраски [24].

Параллельно проводят контрольный опыт в тех же условиях и с теми же реактивами, но без анализируемого продукта.

Эпоксидное число рассчитывают по формуле:

$$\text{Эп. Ч.} = \frac{(V1-V2)*0,0043*100}{g},$$

где $V1$ – объем раствора КОН, пошедший на титрование навески, мл;

$V2$ – объем раствора КОН, пошедший на титрование в холостом опыте, мл;

0,0043 – поправка на 0,1 н раствор КОН;

g – навеска образца, г.

При титровании исходной смолы:

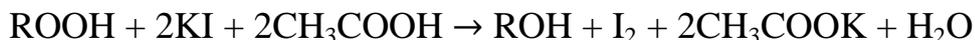
$$\text{Эп. Ч.} = \frac{(2,2-1,2)*0,0043*100}{0,1161} = 3,7 \%,$$

$$\text{Эп. Ч.} = \frac{(2,2-1,4)*0,0043*100}{0,1188} = 2,89 \%.$$

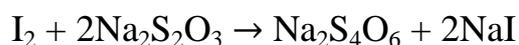
Среднее: 3,29 %.

2.7 Методика определения органических гидропероксидов

Определение органических гидропероксидов основано на реакции окисления ими йодистоводородной кислоты:



В две конические колбы емкостью по 100 мл с притертыми пробками помещают навески анализируемой смеси по 0,1 – 1,2 г. Анализируемое вещество растворяют в 15 мл смеси толуол : бутанол в отношении 85:15 %. К навескам приливают по 10 мл ледяной уксусной кислоты и по 2 мл 50 % – ного спиртового раствора иодида калия. Содержимое колб взбалтывают и выдерживают в темном месте в течение 20 мин. Затем выделившийся йод титруют 0,1 н. водным раствором тиосульфата натрия. Перед концом титрования, когда желтая окраска раствора начнет ослабевать, приливают по 1 мл раствора крахмала и продолжают титрование до исчезновения синей окраски:



Параллельно проводят титрование смеси 15 мл бутанол : толуол, 10 мл ледяной уксусной кислоты и 2 мл 50 % -ного водного раствора иодида калия без анализируемого продукта (холостой опыт) [39].

Содержание органических гидропероксидных групп (X, % масс.) в анализируемой смеси вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(a-b) \cdot 0,00225 \cdot K \cdot 100}{g},$$

где а- объем 0,1 н раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, пошедший на титрование анализируемого вещества, мл; б – объем 0,1 н раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, пошедший на титрование холостой пробы, мл; 0,00225 – число граммов гидропероксидных групп, соответствующее 1 мл 0,1 н раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; К – поправка на 0,1 н раствор $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; g – навеска анализируемого вещества, г.

При титровании исходной смолы:

$$X_1 = \frac{(1,7-1) \cdot 0,00225 \cdot 1 \cdot 100}{0,1404} = 1,12 \%;$$

$$X_2 = \frac{(1,5-1) \cdot 0,00225 \cdot 1 \cdot 100}{0,1425} = 0,78 \%;$$

Среднее: 0,95 %.

2.8 Методика приготовления водомасляных эмульсий

Приготовление водомасляных эмульсий, состоящих из H_2O , минерального масла И-20А и нефтеполимерной смолы производили при комнатной температуре путем смешивания компонентов с помощью диспергатора. В качестве эмульгатора использовали окисленные пероксидом водорода нефтеполимерные смолы, которые были взяты в количестве 0,75; 1,0; 1,25; масс. %, вода 57 %, минеральное масло–оставшийся остаток до 100 %.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт (результат НИР) – водомасляная эмульсия на основе окисленной нефтеполимерной смолы, потребителями которой могут выступать химические предприятия и строительные компании. В особенности ОНПС могут найти применение в лакокрасочной промышленности, входят в состав водомасляных эмульсий в качестве эмульгаторов, которые применяются в качестве буровых растворов, смазочно-охлаждающих жидкостей в технологиях механической обработки металлов, в производстве мастик, взрывчатых веществ и смазочных материалов нового поколения. В результате исследования была разработана технология получения окисленных нефтеполимерных смол, а также получение водомасляных эмульсий, в которых ОНПС выступала в качестве эмульгатора.

4.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В таблице 4 представлена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, К1 и К2 – конкуренты, ООО ПКФ «Акрил» ОАО «Нижнекамскнефтехим»

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
<i>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</i>							
1 Повышение производительности труда пользователя	0,09	5	3	4	0,41	0,27	0,36
2 Эксплуатационные характеристики	0,20	5	4	4	1,00	0,80	0,80
3 Надежность	0,10	5	5	4	0,50	0,50	0,40
4 Безопасность	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45

Продолжение таблицы 4

<i>Экономические критерии оценки эффективности</i>							
1 Конкурентоспособность продукта	0,08	5	4	3	0,40	0,32	0,24
2 Уровень проникновения на рынок	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
3 Цена	0,10	5	4	5	0,50	0,40	0,50
4 Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	3	4	0,50	0,30	0,40
6 Финансирование научной разработки	0,07	4	4	5	0,28	0,28	0,35
7 Срок выхода на рынок	0,05	4	3	4	0,20	0,15	0,20
8 Наличие сертификации разработки	0,05	4	5	2	0,20	0,25	0,10
ИТОГО:	1	51	45	44	4,71	4,07	4,08

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Конкурентоспособность разработки составила 4,71, в то время как двух других аналогов 4,07 и 4,08 соответственно. Анализ расчета конкурентоспособности показал, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как предполагаемый срок использования и эксплуатационные характеристики (под которыми понимают длительную стабильность водомасляных эмульсий).

4.3 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 рис. 20.

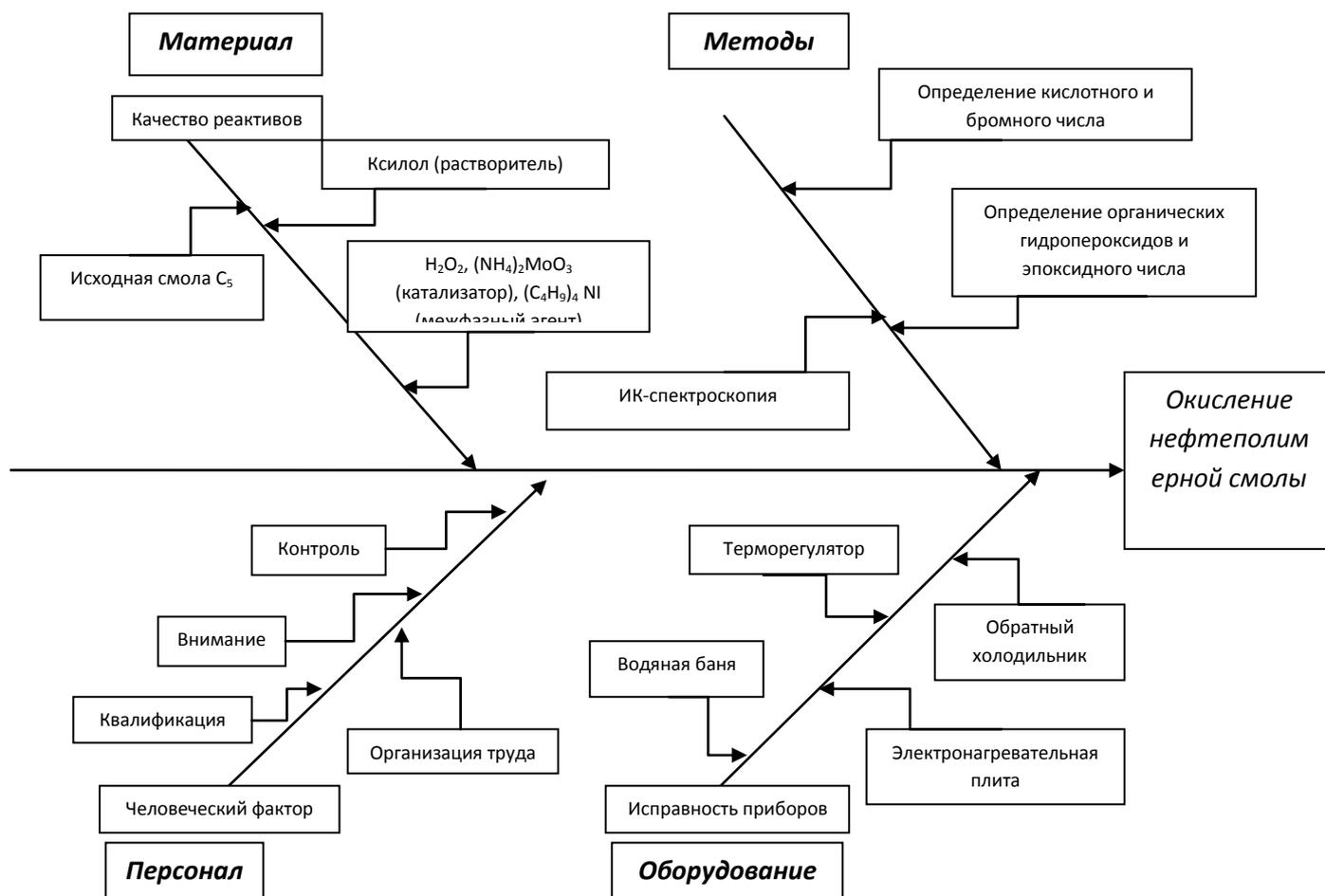


Рисунок 10 – Диаграмма Исикавы

4.1.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Оценку проводят с целью получения выводов об объемах инвестирования в текущую разработку и выяснения направления ее дальнейшего улучшения; об уровне компетенций, недостающих разработчику, и возможности привлечения требуемых специалистов в команду проекта.

При проведении анализа по каждому показателю ставят оценку 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 непроработанность 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.

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (2)$$

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

B_i – балл по i -му показателю.

Полученные данные по оценке степени готовности проекта к выходу на рынок приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический задел	3	3
Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического Задела	3	4
Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	4
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3

Продолжение таблицы 5

Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
Проработан механизм реализации научного проекта	2	2
Итого баллов	37	39

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В данном случае перспективность самого проекта средняя (37 баллов) и уровень знаний у разработчика (39 балла) имеет среднюю перспективность.

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

4.1.4 Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования

Методом коммерциализации научных разработок был выбран метод *торговли патентными лицензиями*. Суть данного метода в передаче третьим лицам прав использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. При этом в патентном законодательстве выделяющие виды лицензий: исключительные (простые), исключительные, полные лицензии, сублицензии, опционы.

4.1.5 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 6.

Таблица 6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Химические предприятия, заводы по добыче нефти	Оптимизация/усовершенствование существующей технологии
Разработчик проекта	Разработка технологии для получения новых материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами
Национальный исследовательский Томский политехнический университет	Получение новых материалов, новых технологий; теоретическая и практическая значимость проекта

В таблице 7 представлена информация о целях проекта и критериях их достижения.

Таблица 7 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Получение и исследование свойств окисленных нефтеполимерных смол, а так же, водомасляных эмульсий на их основе; Получение битумно-смоляных композиций на основе модифицированных нефтеполимерных смол
Ожидаемые результаты проекта:	Выбор оптимальных условий модификации путем окисления, нефтеполимерных смол для получения материалов с высокими техническими характеристиками; Возможность использования полученных модифицированных ОНПС в качестве эмульгатора в водомасляных эмульсиях.

Продолжение таблицы 7

Критерии приемки результата проекта:	Определение физико-химических показателей окисленной нефтеполимерной смолы, определение физических характеристик водомасляных эмульсий, на основе окисленных нефтеполимерных смол, определение вязкости, определение скорости сдвига от напряжения
Требования к результату проекта:	Целевой продукт соответствует требованиям ГОСТ ОНПС с набором удовлетворительных физико-химических свойств

4.1.6 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 8.

Таблица 8 – Рабочая группа проекта

ФИО, место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, ч.
Бондалетова Л.И., НИ ТПУ ИПР, доцент кафедры ТОВПМ, к.х.н.	Руководитель	Координация деятельности проекта	100
Креницына З.В., НИ ТПУ, доцент кафедры менеджмента, к.т.н	Эксперт	Консультирование по выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	4

Продолжение 8

Раденков Т.А., НИ ТПУ, инженер кафедры ЭБЖ	Эксперт	Консультирование по выполнению раздела «Социальная ответственность»	4
Рыманова И.Е., НИ ТПУ, ст.преподаватель кафедры ИЯ	Эксперт	Консультирование по выполнению раздела на английском языке	4
Карташов Р.О., НИ ТПУ ИПР, кафедра ТОВПМ, магистрант	Исполнитель	Выполнение НИР	588
ИТОГО:			700

4.2 Планирование управления научно-техническим проектом

4.2.1 План проекта

В качестве метода планирования выбираем линейный график (таблица 14), поскольку данная работа характеризуется сравнительно небольшим количеством этапов и исполнителей.

Таблица 9 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО исполнителей)
Составление технического задания	15	10.09.15	25.09.15	Бондалетова Людмила Ивановна
Изучение литературы, составление литературного обзора	127	26.09.15	31.12.15	Карташов Роман Олегович

Продолжение таблицы 9

Патентный поиск	20	1.01.16	20.01.16	Карташов Роман Олегович
Выполнение экспериментальной части	161 202	21.01.16 10.09.16	30.06.16 10.04.17	Карташов Роман Олегович
Обсуждение полученных результатов	14	7.04.17	21.04.17	Карташов Роман Олегович, Бондалетова Людмила Ивановна
Оформление выводов	13	22.04.17	5.05.17	Карташов Роман Олегович
Оформление пояснительной записки	36	5.05.17	10.06.17	Карташов Роман Олегович
ИТОГО:	588	1.09.15	10.06.17	

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 16.

Таблица 10 – Календарный план-график выполнения проекта

Вид работ	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																							
		2015 год				2016 год				2017 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	15	■																							
Изучение литературы, составление литературного обзора	127	▨	▨	▨	▨																				

Сырье, материалы, полуфабрикаты

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 12.

Таблица 12 – Затраты на сырье, материалы, полуфабрикаты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу НДС, руб.	Сумма, руб.
НПС (олифа)	Л	1	50	50
Серная кислота (концентрированная)	Л	1	95	95
Уксусная кислота (ледяная)	Л	1	103	103
Пероксид водорода	Л	1	57	57
Толуол	Л	4	145	580
Иодид калия	Кг	1	18	18
Бром	Л	1	180	180
Тиосульфат натрия	Кг	1	32	32
Гидроксид калия	Кг	1	110	110
Соляная кислота (концентрированная)	Л	1	35	35
Битум	Кг	1	93	93
Сольвент нефтяной	Л	2	100	100
Всего за материалы				1548
Транспортно-заготовительные расходы (4%)				62
Итого:				1510

Оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (химической посуды, приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по теме диссертации. Результаты по данной статье представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Затраты на оборудование для экспериментальных работ

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за единицу 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
Цилиндр мерный стеклянный, 25 мл	Шт	1	85	85
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

Таблица 14 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

Наименование	Количество	Стоимость, руб	Норма амортизации, %	Амортизация, руб
Трехгорлая колба, 500 мл	1	295	–	–
Обратный холодильник	1	1490	–	–
Цилиндр мерный стеклянный, 1000 мл	1	363	–	–
Цилиндр мерный стеклянный, 25 мл	1	85	–	–
Колба коническая, 250 мл	1	132	–	–
Колба коническая, 500 мл	1	300	–	–
Делительная воронка, 500 мл	1	690	–	–
Капельная воронка, 100 мл	1	450	–	–
Стакан стеклянный, 1000 мл	1	160	–	–
Стакан стеклянный, 100 мл	10	68	–	–
Пипетка, 1 мл	1	15	–	–
Пипетка, 5 мл	2	20	–	–
Пипетка, 10 мл	2	25	–	–
Груша	1	10	–	–
Пробирка плоскодонная, 10 мл	100	180	–	–
Ступка с пестиком,	1	400	–	–
Скальпель	1	60	–	–
Палочка стеклянная	2	10	–	–
Термометр ртутный, 0–250 °С	1	520	–	–
Электроплита	1	700	25	1458,3
Механическая мешалка	1	6450	50	26875
Терморегулятор	1	5290	50	22041,6
Весы аналитические	1	62270	50	259458,3
Штатив	1	1000	–	–
Шприц, 1мл	10	2	–	–
Шприц, 5 мл	10	4	–	–
Перчатки химические	10	8	–	–
Халат	1	400	–	–
Итого		81397		309833,2

Расчет основной заработной платы

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя от университета:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (3)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска;

F_d – действительный фонд рабочего времени научно-технического персонала за полгода, раб. дн. (таблица 15).

Примем M равным 19 за период с 10.09.15 по 10.06.17.

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	633	633
Количество нерабочих дней	208	208
- выходные дни	26	26
- праздничные дни		
Действительный фонд рабочего времени	399	399

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot k_p, \quad (5)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

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

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 16.

Таблица 16 – Расчёт основной заработной платы (руб.)

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	1440	426	574560
Магистрант	2200				426	30400
Итого:						604960

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

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (6)$$

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

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

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

В таблице 17 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 17 – Заработная плата исполнителей проекта (руб.)

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	574560	30400
Дополнительная зарплата	57456	–
Итого:	662416	

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (7)$$

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

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (8)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принимаем за 80%.

Результаты расчетов по данной статье представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Отчисления на социальные нужды (руб.)

	Руководитель	Магистрант
Зарплата	574560	30400,00
Отчисления на социальные нужды	175240	–
Итого:	780200	

В таблице 19 представлена группировка по всем статьям бюджета проекта, описанным выше.

Таблица 19 – Группировка затрат по статьям (руб.)

Сырье, материалы	Оборудование	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
1510	81397	574560	57456	175240	505612	821215

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 (таблица 20). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Таблица 20 – Группировка затрат (в рублях) по статьям аналогов разработки

Вариант исполнения аналога №	Сырье, материалы	Специальное оборудование	Основная заработная плата	Отчислен на социальные нужды	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
1	205600	940960,35	174115,6	47185,32	153221,7	1521082,9
2	10405	1603840,2	56680,34	15360,37	49878,7	1736164,6

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

$$\text{Для нашей разработки: } I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_p}{\Phi_{max}} = \frac{821215}{1736164,6} = 0,47 \quad (9)$$

$$\text{Для первого аналога: } I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{a2}}{\Phi_{max}} = \frac{1521082,9}{1736164,6} = 0,87 \quad (10)$$

$$\text{Для второго аналога: } I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{a1}}{\Phi_{max}} = \frac{1736164,6}{1736164,6} = 1 \quad (11)$$

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:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (12)$$

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 21.

Таблица 21 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
Повышение производительности труда пользователя	0,2	4	3	4
Эксплуатационные характеристики	0,4	5	4	4
Надежность	0,3	5	5	4
Безопасность	0,1	5	5	5
ИТОГО	1	4,8	4,6	4,1

$$I_m^p = 4*0,2+5*0,4+5*0,3+5*0,1 = 4,8 \quad (13)$$

$$I_m^{a2} = 3*0,2+4*0,4+5*0,3+5*0,1 = 4,6 \quad (14)$$

$$I_m^{a2} = 4 * 0,2 + 4 * 0,4 + 4 * 0,3 + 5 * 0,1 = 4,1 \quad (15)$$

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

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{ф}^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{ф}^a} \quad (16)$$

$$\text{Для нашей разработки: } I_{финр}^p = \frac{4,8}{0,47} = 10,2 \quad (17)$$

$$\text{Для первого аналога: } I_{финр}^{a1} = \frac{4,6}{0,87} = 5,28 \quad (18)$$

$$\text{Для второго аналога: } I_{финр}^{a2} = \frac{4,1}{1} = 4,1 \quad (19)$$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}, \quad (20)$$

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 22) позволило определить, что существующий вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.

Таблица 22 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
Интегральный финансовый показатель разработки	0,81	1	0,47

Продолжение таблицы 22

Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,60	4,10	4,80
Интегральный показатель эффективности разработки	4,10	5,28	10,2
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,19	0,92	–

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

Список публикаций

1.Р.О. Карташов, Л.И. Бондалетова Окисление алифатических нефтеполимерных смол пероксидом водорода // Химия и химическая технология в XXI веке: Материалы XVII Международной научно-практической конференции имени профессора Л.П. Кулева студентов и молодых ученых, - Томск: Изд-во ТПУ, 2017. - 476-477 с.