

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

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

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Получение модифицированных нефтеполимерных смол и применение их в составе водомасляных эмульсий</b>

УДК 678.74-048.25:665.614

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ6В	Филиппова Марина Юрьевна		

Руководитель

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГТ	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКЖД	Король Ирина Степановна	д.х.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Сорока Людмила Станиславовна	к.х.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания <i>новых</i> материалов
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных технологий химического производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач
P3	Ставить и решать <i>инновационные</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 знания</i> 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 знания социальных, этических и культурных аспектов</i> инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах <i>устойчивого развития</i>
P11	<i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности

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

---

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

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Сорока Л.С.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ6В	Филиппова Марина Юрьевна

Тема работы:

<b>Получение модифицированных нефтеполимерных смол и применение их в составе водомасляных эмульсий</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№1301/С от 28.03.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2018 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования являются нефтеполимерные смолы, синтезированные из свежеперегретой дициклопентадиеновой фракции жидких продуктов пиролиза прямогонного бензина установки ЭП-300 ООО «Томскнефтехим»</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Литературный обзор Объекты и методы исследования Экспериментальные результаты и их обсуждение Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Социальная ответственность Заключение</p>
--	--

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация</p>
--	--------------------

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
Получение модифицированных нефтеполимерных смол и применение их в составе водомасляных эмульсий	к.х.н., доцент Бондалетова Л.И.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.т.н., доцент Криницына З.В.
Социальная ответственность	д.х.н., доцент Король И.С.
Английский язык	ст. преподаватель Рыманова И.Е.

<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>
<p>На русском языке: Введение, Литературный обзор, Результаты исследования, Выводы</p>
<p>На английском языке: Introduction, Review of literature, The results of the research, Conclusions</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>31.10.2016 г.</p>
--	----------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Бондалетова Л.И.	к.х.н., доцент		31.10.16

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ6В	Филиппова М.Ю.		31.10.16

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 140 с., 23 рис., 37 табл., 74 источников, 2 прил.

Ключевые слова: дициклопентадиеновая фракция, циклопентадиеновая фракция, нефтеполимерная смола, водомасляные эмульсии.

Объектом исследования являются нефтеполимерные смолы, синтезированные из свежеперегнанной дициклопентадиеновой фракции жидких продуктов пиролиза прямогонного бензина установки ЭП-300 ООО «Томскнефтехим».

Целью настоящей работы является получение модифицированных нефтеполимерных смол и получение стабильных водомасляных эмульсий на их основе.

Исследование нефтеполимерных смол и модифицированных нефтеполимерных смол проводили с помощью физико-химических и реологических методов исследования.

Область применения: в нефтеперерабатывающей промышленности как смазочно-охлаждающие жидкости.

Экономическая значимость работы – с применением модифицированных нефтеполимерных смол получают стабильные водомасляные эмульсии, которые обладают более высокими эксплуатационными свойствами по сравнению с другими образцами.

## Обозначения и сокращения

- ЖПП – жидкие продукты пиролиза;
- НПС – нефтеполимерная смола;
- ДЭАХ – диэтилалюминий хлорид;
- ОП – оксид пропилена;
- ДЦПД – дициклопентадиен;
- ДЦПДФ – дициклопентадиеновая фракция;
- ЦПД – циклопентадиен;
- ЦФ – циклопентадиеновая фракция;
- ВМЭ – водомасляная эмульсия;
- НПС<sub>ЦФ</sub> – нефтеполимерная смола, полученная олигомеризацией циклопентадиеновой фракции;
- КЧ – кислотное число;
- ГЧ – гидропероксидное число;
- ЭЧ – эпоксидное число;
- БЧ – бромное число;
- ЭГ – этиленгликоль;
- ОНПС – окисленная нефтеполимерная смола;
- ОНПС<sub>ЦФ</sub> – окисленная нефтеполимерная смола, полученная олигомеризацией циклопентадиеновой фракции;
- ОНПС<sub>ЦФ1</sub> – окисленная 1 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> нефтеполимерная смола, полученная олигомеризацией циклопентадиеновой фракции;
- ОНПС<sub>ЦФ3</sub> – окисленная 3 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> нефтеполимерная смола, полученная олигомеризацией циклопентадиеновой фракции;
- ОНПС<sub>ЦФ5</sub> – окисленная 5 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> нефтеполимерная смола, полученная олигомеризацией циклопентадиеновой фракции;
- ОНПС<sub>ЦФ7</sub> – окисленная 7 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> нефтеполимерная смола, полученная олигомеризацией циклопентадиеновой фракции;

ОНПС<sub>ЦФ9</sub> – окисленная 9 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> нефтеполимерная смола, полученная олигомеризацией циклопентадиеновой фракции;

ОНПС<sub>ПР</sub> – смола, окисленная по реакции Прилежаева, на основе дициклопентадиеновой фракции.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	12
1 Обзор литературы .....	15
1.1 Нефтеполимерные смолы.....	15
1.1.1 Сырье для синтеза нефтеполимерных смол.....	15
1.1.2 Способы получения для нефтеполимерных смол .....	18
1.1.3 Применение нефтеполимерных смол .....	22
1.1.4 Модификация нефтеполимерных смол .....	24
1.2 Водомасляные эмульсии .....	26
1.3 Индустриальное масло И-20А .....	27
2 Экспериментальная часть.....	29
2.1 Очистка исходной фракции жидких продуктов пиролиза.....	31
2.2 Подготовка циклопентадиеновой фракции.....	32
2.3 Методика проведения синтеза.....	33
2.4 Методика определения выхода НПС .....	35
2.5 Методика окисления НПС раствором пероксида водорода.....	36
2.6 Методика определения кислотного числа.....	38
2.7 Методика определения эпоксидных групп .....	39
2.8 Методика определения органических гидропероксидов.....	40
2.9 Бромное число .....	41
2.10 Методика приготовления водомасляных эмульсий .....	43
2.11 Методика определения реологических характеристик водомасляных эмульсий.....	43
2.12 Методика определения стабильности водомасляных эмульсий.....	44
2.13 Методика определения низкотемпературных показателей нефтепродуктов .....	44



2.14 Исследование свойств НПС <sub>ЦФ</sub> и ОНПС <sub>ЦФ</sub> с помощью ИК-спектроскопии .....	47
2.15 Методика окисления смолы по реакции Прилежаева.....	48
3 Результаты проведенного исследования и их обсуждение.....	49
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	68
4.1 Предпроектный анализ.....	68
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	68
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	69
4.1.3 FAST-анализ .....	70
4.1.4 Диаграмма Исикавы.....	73
4.1.5 Оценка готовности проекта и коммерциализации .....	74
4.1.6 Методы коммерциализации научно-технического исследования .....	76
4.2 Инициация проекта .....	76
4.2.1 Цели и результат проекта.....	76
4.2.2 Организационная структура проекта .....	77
4.2.3 Организация и допущения проекта.....	78
4.3 Планирование управления проекта научно-техническим проектом .....	78
4.3.1 Контрольные события проекта .....	78
4.3.2 План проекта.....	79
4.3.3 Диаграмма Ганта .....	79
4.3.4 Бюджет научного исследования .....	81
4.3.4.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты.....	81
4.3.4.2 Специальное оборудование для научных работ .....	82
4.3.4.3 Расчет основной заработной платы .....	83

4.3.4.4	Дополнительная заработная плата научно-производственного капитала.....	85
4.3.4.5	Отчисления на социальные нужды .....	85
4.3.4.6	Накладные расходы .....	86
4.3.4.7	Расчет затрат на электроэнергию .....	86
4.3.5	Организационная структура проекта .....	87
4.3.5.1	Оценка сравнительной характеристики исследования .....	88
5	Социальная ответственность .....	95
5.1	Производственная безопасность .....	96
5.1.1	Анализ вредных факторов производственной среды.....	96
5.1.1.1	Вредные вещества.....	96
5.1.1.2	Уровень шума и вибрации .....	99
5.1.1.3	Безопасность обращения с химическими веществами .....	99
5.1.1.4	Безопасность при работе на экспериментальной установке .....	100
5.1.1.5	Освещенность рабочих мест.....	102
5.1.1.6	Микроклимат рабочих помещений .....	102
5.1.2	Анализ опасных факторов производственной среды.....	103
5.1.2.1	Термические опасности.....	103
5.1.2.2	Электробезопасность.....	103
5.1.2.3	Пожарная безопасность.....	104
5.1.3	Экологическая безопасность.....	105
5.1.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	106
5.1.5	Правовые организационные вопросы обеспечения безопасности ...	107
5.1.5.1	Правовые нормы трудового законодательства .....	107
5.1.5.2	Требования к рабочим помещениям .....	107

Заключение .....	109
Список публикаций.....	110
Список использованных источников .....	112
Приложение А .....	120
Приложение Б.....	137

## **Введение**

*Актуальность работы.* Особое место среди синтетических заменителей продуктов природного происхождения: растительных масел, канифоли занимают нефтеполимерные смолы (НПС), основной сырьевой базой которых служат отходы и побочные продукты нефтехимических производств и прежде всего жидкие продукты пиролиза (ЖПП) углеводородов. Квалифицированная переработка ЖПП с получением НПС позволяет существенно улучшить технико-экономические показатели этиленовых установок. В настоящее время нефтеполимерные смолы нашли широкое применение в различных отраслях промышленности: шинной и резиновой, лакокрасочной, в производстве бумаги, клеев, древесно-волоконистых плит, а также для сокращения расхода инден-кумароновых, фенол-формальдегидных и других смол.

Нефтеполимерные смолы могут быть получены методами радикальной (термической, инициированной) и ионной (каталитической) полимеризации. Среди каталитических методов наиболее широко в практике синтеза НПС используются кислоты Льюиса, а также системы Циглера-Натта на основе тетрахлорида титана и алюминийорганических соединений. При использовании каталитических систем Циглера-Натта полимеризация протекает в гомогенной среде, что позволяет точно контролировать параметры процесса и, соответственно, получать более стабильные НПС.

Одним из направлений использования модифицированных нефтеполимерных смол является разработка составов для получения стабильных эмульсий, широко используемых в технологии получения топлив, увеличения нефтеотдачи пластов, например при отработке высокообводненных коллекторов, нагнетательных и добывающих скважин, а также в процессах газодобычи и для временной изоляции проницаемости в призабойной зоне пластов.

*Целью данной работы* является получение модифицированных нефтеполимерных смол и получение стабильных водомасляных эмульсий на их основе. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Получение НПС полимеризацией фракции ЖПП с повышенным содержанием дициклопентадиена, который при подготовке фракции трансформируется в циклопентадиен.

2. Исследование процесса модификации НПС, заключающегося в окислении НПС в условиях межфазного катализа с использованием катализатора молибдата аммония и межфазного агента – тетрабутиламмония иодистого.

3. Разработка стабильных при хранении, деформациях и температуре до 90-100 °С высоковязких эмульсий с применением масел, включающих добавку – модифицированную циклопентадиеновую нефтеполимерную смолу, и исследование реологических характеристик водомасляных эмульсий.

*Объектом исследования* являются нефтеполимерные смолы, синтезированные из свежеперегнанной дициклопентадиеновой фракции жидких продуктов пиролиза прямогонного бензина установки ЭП-300 ООО «Томскнефтехим».

*Научная новизна* заключается в том, что были получены и исследованы модифицированные нефтеполимерные смолы на основе циклопентадиеновой фракции в условиях межфазного катализа с использованием катализатора молибдата аммония и межфазного агента – тетрабутиламмония иодистого. Состав нефтеполимерных смол был доказан с помощью титриметрических методов, а именно кислотного, бромного, эпоксидного и гидропероксидного чисел, также с помощью ИК-спектроскопии.

Разработана рецептура оптимальных соотношений водомасляных эмульсий и исследованы их свойства, такие как стабильность ВМЭ,

реологические характеристики ВМЭ (динамическая вязкость, скорость сдвига и напряжение сдвига).

Проведено исследование низкотемпературных показателей водомасляных эмульсий, т.е. определение вязкости ВМЭ от температуры замерзания.

*Практическая значимость.* ОНПС могут быть использованы в качестве компонентов в водомасляных эмульсиях, а ВМЭ нашли широкое применение в нефтеперерабатывающей промышленности как смазочно-охлаждающие жидкости.

*Вывод:* цикопентадиеновая нефтеполимерная смола может применяться на производстве как высокостабильный компонент в ВМЭ.

*Апробация работы.* Результаты работы докладывались на XXII Международном научном симпозиуме студентов и молодых ученых имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр», г. Томск, 2018 г.; на XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке», г. Томск, 2016 – 2018 г.

## **1. Обзор литературы**

### **1.1 Нефтеполимерные смолы**

#### **1.1.1 Сырье для синтеза нефтеполимерных смол**

На сегодняшний день, происхождение низших олефинов производится пиролизом углеводородного сырья. Состав и выход побочных жидких продуктов пиролиза зависит от того, в каких условиях находится получение исходного сырья. Выход жидких продуктов пиролиза прямогонного бензина может достигнуть около 20 %, поэтому есть необходимость в разработке малоотходных процессов их переработки [1].

В России наибольшая часть ЖПП после переработки их на гидрогенизационных установках применяется для получения ароматических углеводородов, например бензола, как компонента автобензина, высококачественных коксов, котельного топлива, сырья для производства технического углерода. Но в таком случае безвозвратно теряются непредельные углеводороды, которые являются ценным нефтехимическим сырьем [2-4]. Квалифицированное использование побочных ЖПП является основной задачей, решение которой значительно влияет на рентабельность основных продуктов и продуктов более глубокой переработки [5, 6]. Современные исследования обладают таким потенциалом, что могут произвести новые продукты на базе уже существующих производственных мощностей нефтехимических предприятий находящиеся на территории РФ и осуществлять качественный переход от крупнотоннажной к высокотехнологичной химии [7]. Одним из распространенных вариантов переработки ЖПП является их олигомеризация с последующим получением нефтеполимерных смол. В таком случае целевым продуктом переработки являются олигомерные смолы, а получающиеся сольвент или

индивидуальные растворители – побочные продукты, имеющие серьезную самостоятельную ценность.

Нефтеполимерные смолы (НПС) — это низкомолекулярные термопластичные полимеры, которые получают полимеризацией ЖПП нефтепродуктов.

Продукты нефтехимии и нефтепереработки, которые содержат непредельные углеводороды, используются в качестве сырья для создания НПС. Они представляют собой фракции, выделенные из продуктов пиролиза жидкого и газообразного нефтяного сырья, а также продукты каталитического и термического крекинга [8].

Для синтеза нефтеполимерных смол экономически выгодно использовать сырье, где содержание непредельных реакционно-способных углеводородов (смолообразующих компонентов) составляет не менее 30 %.

Схема переработки бензина на установке ЭП-300 представлена на рисунке 1.

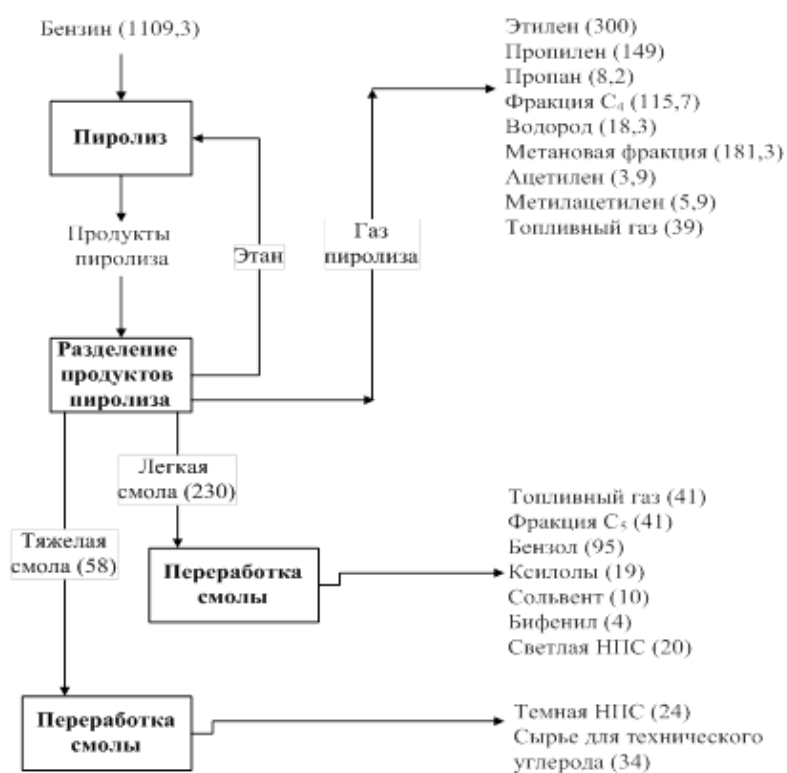


Рисунок 1 – Схема переработки бензина на установке пиролиза ЭП-300. Цифры обозначают количество сырья и продуктов (тыс. т/год)



Изначально ЖПП разделяют на фракции, которые в дальнейшем подвергаются переработке. Циклопентадиен (ЦПД) и изопрен выделяют из фракции, кипящей при температуре менее 70 °С; фракция, имеющая пределы выкипания 70-130 °С подвергают гидрированию, а затем выделяют бензол. При температуре 130-190 °С фракция предварительно подвергается гидрированию, а затем из нее выделяют ксилолы, сольвент и светлые нефтеполимерные смолы (Пиропласт-2). Светлые НПС применяются в лакокрасочной промышленности. Из смол, температура кипения которых выше 190 °С, можно выделить такие продукты как: нафталин, кокс, темные НПС (Пиропласт) и т.д.

Для определения химического состава фракции С<sub>5</sub> рекомендуется применять газожидкостную хроматографию, а химический состав фракций С<sub>8</sub> – С<sub>9</sub> определяют методом газовой хроматографии на капиллярных колонках.

Общие характеристики фракций ЖПП, которые используются в качестве сырья для синтеза НПС можно наблюдать в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики фракций ЖПП

Фракция	С <sub>8</sub> – С <sub>9</sub>	С <sub>9</sub>	С <sub>5</sub> (кубовый продукт дебутанизатора)
Внешний вид	Прозрачная светло-желтая жидкость		Прозрачная бесцветная или светло-желтая жидкость
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	890 – 940	900 – 950	710 – 785
Массовая доля воды, %	≤0,3	≤0,3	≤0,5
Йодное число, г I <sub>2</sub> / 100 г	≥50	≥60	≥80
Фракционный состав, °С:			
н.к.	≥120	≥140	≥30
50 %	≤165	≤175	-
70 %	-	-	≤75
95 %	≤190	≤190	-
к.к.	≤195	≤195	≤190

Чтобы получить так называемые светлые нефтеполимерные смолы, необходимо использовать фракции ЖПП, выкипающие при температуре до 200 °С, для производства темных нефтеполимерных смол – более высококипящие фракции или тяжелую смолу пиролиза. Выделение фракций из ЖПП происходит процессом ректификации.

Важно, при выделении фракций ЖПП для получения светлых нефтеполимерных смол, четко регулировать конец кипения фракции и предотвратить переход в кубовый продукт легкополимеризующихся непредельных углеводородов, входящих в состав жидких продуктов пиролиза. Последнее достигается проведением ректификации под вакуумом или отгонкой с водяным паром при температуре 150-180 °С [5].

В качестве сырья в процессах пиролиза используют газообразные и жидкие углеводороды: газы, легкие бензиновые фракции, газоконденсаты, рафинаты каталитического риформинга и, реже, керосино-газойлевые фракции [8].

В таблице 2 представлен состав фракции жидких продуктов пиролиза.

Таблица 2 – Состав дициклопентадиеновой фракции ЖПП

Компоненты	Содержание, %
Циклопентадиен	19,35
Толуол	1,88
Бензол	1,49
о-Ксилол	1,09
Дициклопентадиен	35,01
4,7-Метаноизобензофуран-1,3-дион, 3а,4,7,7а-тетрагидрометил-	3,26
9-Оксабицикло[6.1.0]нон-4-ене	7,37
3-Оксабицикло[3.3.0]окт-6-ен-2-оне, 4-метокси-7-метил-, транс-	4,53
Бицикло[2.2.2]окт-5-ен-2-оне	5,47
1,2,4а,4б,7,8,8а,8б-Октагидробифенилен	2,95
Трицикло[5.2.1.0(2,6)]дек-4-ене, 4-метил-	1,17
Неидентифицированные углеводороды	16,43
Всего	100

### 1.1.2 Способы получения нефтеполимерных смол

Полимеризация непредельных углеводородов является процессом для проведения синтеза НПС. За счет кратных связей, размыкания циклов, а также соединения исходных молекул мономера в макромолекулу, происходит образование полимеров из мономеров. Полимеризация состоит из трех элементарных реакций: образования активного центра, роста цепи и обрыва цепи. Различают ионную и радикальную полимеризацию. Ионная протекает с образованием либо карбкатиона, либо карбаниона. Радикальная образует свободные радикалы за счет действия тепла, поглощения световой

энергии, действия частиц высокой энергии или влияния химических инициаторов [9].

Термическая и инициированная полимеризация достаточно просты и позволяют получать светлые нефтеполимерные смолы, но обладают рядом недостатков, такие как малый выход НПС, а также высокая продолжительность процессов. Отличительные особенности каталитического способа получения нефтеполимерных смол являются возможность варьировать условия полимеризации, синтезировать смолы, которые характеризуются высокой скоростью процесса, невысокой стоимостью катализаторов, различными температурами плавления и цветностью, а также простотой оформления процесса. Единственный недостаток – коррозия оборудования при использовании «сильных» катализаторов.

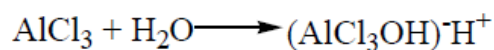
*Радикальная полимеризация.* Радикальная полимеризация – это цепная реакция, которая состоит из 3х стадий, а именно инициирование, рост цепи и обрыв цепи.

В промышленных условиях для получения синтетических смол в качестве инициаторов используют пероксид бензоила (температура распада 70-80 °С), динитрил азо-бис-изо-масляной кислоты (65-75 °С), гидропероксид изопропилбензола (130-140 °С) [9].

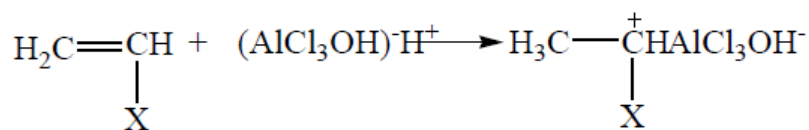
*Каталитическая полимеризация.* Данная полимеризация включает такие стадии, как предварительную осушку сырья, полимеризацию и отстой продукта, нейтрализацию полимеризата и его промывку, а также отгонку от полимеризата жидких углеводородов.

Катализаторами каталитической полимеризации являются вещества, которые обладают электроноакцепторными свойствами ( $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ,  $HBr$ ,  $HF$ , апротонные кислоты-катализаторы Фриделя – Крафтса ( $AlCl_3$ ,  $BCl_3$ ,  $SnCl_4$ ,  $TiCl_4$ ,  $FeCl_3$ )).

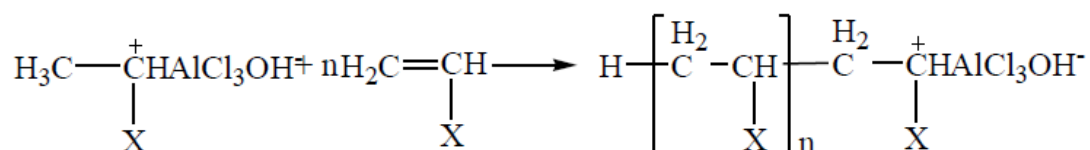
В присутствии углеводорода, органической кислоты, воды и т.д., которые играют роль сокатализатора, образуется такой активный каталитический комплекс:



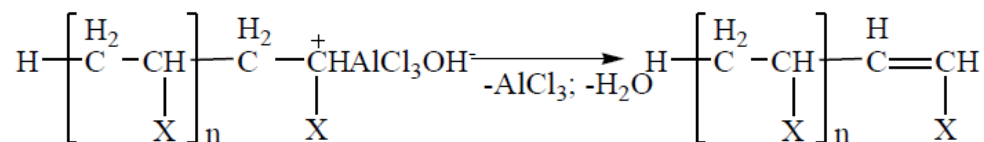
При взаимодействии комплекса с мономером, образуется карбениевый центр:



Реакция роста цепи происходит за счет присоединения молекул мономера к образовавшемуся центру:



Обрыв цепи происходит согласно схеме:



Природа, соотношение катализатора и сокатализатора естественно оказывают влияние на процесс полимеризации.

В практике синтеза НПС наиболее широко применяют хлорид алюминия ( $\text{AlCl}_3$ ) и каталитические системы (комплексы) на основе  $\text{AlCl}_3$ . Достоинства хлорида алюминия по сравнению с другими катализаторами, в том что он более доступен и имеет низкую себестоимость, также позволяет добиться более высокого выхода целевого продукта и ускоряет скорость при проведении полимеризации, также позволяет получить более тугоплавкие смолы. Недостатки данного катализатора в том, что при сухом использовании данного комплекса дозирование вызывает сложности и происходит взаимодействие с влагой воздуха, также он легко гидролизуется, следовательно снижается его каталитическая активность. Кроме данных недостатков, когда происходит увеличение концентрации  $\text{AlCl}_3$  ухудшается цвет нефтеполимерных смол и снижается температура размягчения.

Катализаторы Циглера – Натта – ионнокоординационные каталитические системы. Системы такого рода состоят из соли или другого соединения

переходного Me и сокатализатора, обычно органического соединения Me I-III группы. Роль сокатализатора – алкилирование соединения переходного Me для создания связи Me-C, где происходит внедрение молекулы мономера. Другими функциями сокатализатора служит восстановление переходного Me до валентного состояния, а также комплексообразование сокатализатора.

В присутствии данных катализаторов синтез непредельных мономеров протекает при атмосферном давлении и температуре 20-25 °С , а также образуются полимеры с более высокими механическими показателями и теплостойкостью, чем при использовании других видов катализаторов.

Соотношение компонентов и порядок смешивания оказывают существенное влияние на активность, регулирующее действие катализаторов Циглера – Натта, структуру образующихся полимеров и молекулярную массу.

Сравнение разных методов получения нефтеполимерных смол наглядно показывает, что каталитическая полимеризация обеспечивает высокий выход смолы, нежели другие способы получения. Отличительными особенностями являются такие параметры и условия, как: возможность широкого управления условий полимеризации и синтеза смол, при различной температуре плавления и цветности; высокая скорость процесса; маленькая стоимость катализаторов; простота оформления оборудования. Единственным недостатком является коррозия оборудования [9].

В настоящее время, было предложено множество методов получения НПС, но все способы не могли выйти за пределы лабораторных (опытных) разработок.

В современных исследованиях разрабатывается тема использования хлоридов титана ( $TiCl_4$ ) для полимеризации крекинга нефти и жидких продуктов пиролиза.  $TiCl_4$  является доступным компонентом для применения его в производстве нефтеполимерных смол: при полимеризации фракции  $C_5$  [10-12] или пипериленовой фракции [13] при получении олифы СКОП. В работе [14] было предложено использовать катализаторы Фриделя-Крафтса,

включающие  $TiCl_4$ , для полимеризации фракций крекинга нефти (140-280 °С) и их модификации различными диенофилами для повышения адгезии углеводородных смол. В статье [15] при катионной олигомеризации пиперилена предложено использовать эфиры титана, однако отмечается их низкая каталитическая активность. В работе [16] полимеризация фракции ЖПП 130-190 °С прямогонного бензина, где используется  $TiCl_4$  в качестве катализатора, приводит к небольшому выходу смолы и с высоким цветом 1400-1500.

### **1.1.3 Применение нефтеполимерных смол**

Благодаря уникальным свойствам, таким, как способность к плёнообразованию, светостойкость, низкая температура размягчения (50-150 °С), водостойкость, теплостойкость, хорошая совместимость с синтетическими пленкообразователями и оксидированными маслами, химическая стойкость, хорошая растворимость в органических растворителях [9], нефтеполимерные смолы используют вместо дорогостоящих и продуктов находящихся в дефиците, в том числе и природного происхождения. Поведение нефтеполимерных смол при нагревании – своеобразное, т.е. нет четкой границы наблюдения резкого перехода из одного агрегатного состояния в другое. Когда НПС находятся в устойчивом твердожидком состоянии, смолы при увеличении температуры постепенно переходят в жидкое состояние, при этом, затвердевая при охлаждении и не изменяя своих свойств [17].

Изменение физических, химических и физико-химических свойств нефтеполимерных смол зависит от исходного сырья для синтеза. Смотря где собираются применять НПС, существуют такие требования, например согласно ТУ 2451-089-05766801, где нефтеполимерные смолы разделяют на марки: марка А используется для производства строительных красок, олифы и в качестве пленкообразующих веществ; а марка Б применяется в качестве

компонента для клеевых композиций в обувной промышленности, а также в производстве лакокрасочных материалов.

НПС применяются в различных отраслях промышленности:

- в лакокрасочной и мебельной промышленности – в качестве пленкообразователя, заменителя канифоли, клеев и растительных масел. Плёнкообразование НПС способствует формированию глянцевых, быстросохнущих покрытий с высокой твёрдостью, водостойкостью и химической стойкостью. Лакокрасочные композиции с использованием НПС обладают меньшей вязкостью, менее склонны к загустеванию при хранении.
- в целлюлозно-бумажной промышленности – в качестве заменителя канифоли, проклеивающих составов и клеевых дисперсий (обладают водоотталкивающими свойствами, превосходящими канифоль). Клеевые дисперсии на основе НПС повышают механические показатели бумаги: прочность на излом, разрывную длину, сопротивление продавливанию.
- в резинотехнической промышленности – в качестве мягчителей (пластификаторов) при производстве и особенно регенерации резины для улучшения пластоэластических и прочностных свойств резины и вулканизатов.
- в производстве печатных красок – для улучшения печатно-технологических свойств красок, повышения блеска и прочности оттиска к истиранию.
- в производстве антикоррозийных и защитных покрытий - для повышения текучести расплавов, повышения адгезионных свойств красок и мастик, придания водоотталкивающих свойств материалам.

### 1.1.4 Модификация нефтеполимерных смол

За последнее время, актуальная задача нефтехимии – получение новых олигомеров с реакционноспособными группами в их составе.

Проработка патентов и статей, показал, что существуют такие методы модификации как: озонирование, сульфирование, малеинизация, обработка ненасыщенными кислотами, окисление, галогенирование, гидрирование и сшивка смол.

Ранее, было предложено окисление гипохлоритом натрия, перманганатом калия и пероксидом водорода [18] с целью введения в полимерную цепь гидроксильные или карбоксильные группы. Также, окислением надуксусной кислотой можно получить кислородсодержащие НПС [19]. При этом, строение нефтеполимерных смол, которые подвергаются окислению, в значительной степени влияет на полученный результат [20, 21].

В результате окисления алифатической смолы НПС<sub>дцпд</sub> пероксидом водорода в присутствии ванадата аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{VO}_4$  и межфазного агента  $(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{NI}$  [22, 23] увеличивается прочность при ударе, улучшается адгезия, при этом температура размягчения повышается до 182 °С. При окислении пероксидом водорода ароматической смолы НПС<sub>с9</sub> в присутствии  $(\text{C}_4\text{H}_9)_4\text{NBr}$  установлено, что активность молибдата аммония выше, чем вандата аммония [24]. Найдены зависимости бромного числа, характеризующего неопределенность смол, от соотношения (% масс.)  $\text{H}_2\text{O}_2$  и смолы.

Одним из перспективных методов модификации нефтеполимерных смол является эпоксидирование. Эпоксидные группы имеют высокую активность в реакциях электрофильного и нуклеофильного присоединения. Данные соединения могут образовывать олигомерные и полимерные структуры как самостоятельно, так и с полуфункциональными соединениями кислотного или основного характера.



В работах [19, 25] говорится о таких исследованиях, как эпоксидирование НПС по Прилежаеву при помощи трех систем:  $\text{CH}_3\text{COOH} - \text{H}_2\text{O}_2$ ;  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}_2$  и  $\text{CH}_3\text{COOOH}$  при температуре 313 К в течение 240 минут [26].

Одним из факторов, когда происходит окисление, является снижение количества двойных связей в составе НПС, что ведет к стабилизации смолы и улучшает ее цвет [27].

Кроме этого, при окислении происходит увеличении полярности смол, следовательно введение в смеси каучуков нефтеполимерных смол, которые прошли окисление путем обработки 65 %-ой азотной кислотой при 50 °С в течение 120 минут, ведет к улучшению их взаимной растворимости. Также, при изменении полярности добавок, можно с положительной стороны влиять на сродство между различными каучуками благодаря улучшению адгезии между фазами и повышению степени диспергирования [28].

Обработка нефтеполимерных смол малеиновым ангидридом (малеинизация), также позволяющая ввести полярные группы в состав полимерной цепи и снизить их окисляемость, широко распространена в России и за рубежом, что связано с дешевизной, доступностью и высокой реакционной способностью модифицирующего агента [29-30].

Также, модификация смолы озono-кислородной смесью приводит к снижению бромного числа и увеличению кислотного числа [31-34]. Озонированные смолы используются в качестве деэмульгатора водонефтяных эмульсий [35], циклических углеводородов из газовойоздушных выбросов и адсорбента ароматических углеводородов [36, 37].

Повысить полярность и свойства НПС можно не только при внедрении кислородсодержащих групп, но и таких групп как пероксидных, ангидридных и карбоксильных. Так, для придания гидрофильных свойств проводят модификацию смол сульфированием различными сульфлирующими агентами: комплексами  $2\text{SO}_3$ -диоксан и  $\text{SO}_3$ -диоксан, ацетилсульфатом,

олеумом, хлорсульфоновой и серной кислотами в интервале температур 0-20 °С в течение 2-3 часов в галогенуглеводородном растворителе [38].

Таким образом, химическая модификация НПС приводит к существенному изменению свойств смол и расширению областей их применения.

## **1.2 Водомасляные эмульсии**

Эмульсиями называют дисперсные системы, в которых одна жидкость диспергирована в виде мельчайших сферических капель в другой жидкости. Вещество капель считается дисперсной, дискретной, или внутренней фазой. Вещество, которое составляет окружающую жидкость, называется дисперсионной, непрерывной, сплошной, или внешней средой [39, 40].

Известно, что водомасляные эмульсии (ВМЭ) применяют в качестве смазочно-охлаждающих жидкостей, буровых растворов, в технологиях механической обработки металлов, также в производстве мастик и взрывчатых веществ, смазочных масел и в нефтедобывающем производстве, производстве нагнетательных скважин и изоляции водопритока в нефтяном пласте.

Области применения ВМЭ включают технологические режимы их эксплуатации и характеризуются термомеханическими нагрузками. В условиях продолжительного термического и механического нагружения (напряжения) структура и фазовый состав эмульсий не должны изменяться. Но, в большинстве случаев, где присутствует большое содержание воды (40-80 масс. %) в нефтепродуктах, ВМЭ разрушаются при деформациях. Для предотвращения процесса разрушения эмульсий в их состав необходимо вводить стабилизирующее вещество.

Для стабилизации водомасляных эмульсий применяют различные эмульгаторы. Нефтехимические компоненты, например, такие как нефтеполимерные смолы, которые находят все более широкое применение в

качестве стабилизаторов водомасляных эмульсий ввиду их совместимости с дисперсионной средой [41].

Очень важной характеристикой ВМЭ является их устойчивость, то есть способность в течение определенного времени, а главное в условиях больших механических деформаций и высоких температур, не разрушаться и не разделяться на две несмешивающиеся фазы. В связи с этим используют вещества, которые повышают устойчивость эмульсии – стабилизаторы. Для стабильности водомасляных эмульсий применяют различные стабилизаторы. Причем от концентрации и состава стабилизаторов зависит устойчивость образующихся эмульсий.

В настоящей работе в качестве стабилизатора используются алифатические и модифицированные нефтеполимерные смолы.

Например, в работах [42, 43] авторы работ установили, что нефтеполимерные смолы могут использоваться в качестве стабилизаторов ВМЭ на основе использованных автомобильных масел. Стабилизатор НПС в количестве 0,001-0,5 % переводит эмульсии в устойчивое межфазное состояние, что в несколько раз эффективней стабилизатора на основе каучука [44].

В работе [45] установлено, что окисленные озоном и малеиновым ангидридом циклоалифатические и ароматические НПС ведут к увеличиваю и стабилизации вязкости водомасляных эмульсий в динамических условиях, где содержание воды не превышает до 40 мас. %.

### **1.3 Индустриальное масло И-20А**

На основании литературных данных [46, 47] предложено использовать индустриальное масло марки И-20А с вязкостью 86,5 мПа\*с. Области применения индустриальных масел обусловлены их техническими характеристиками. Их используют как в промышленности, так и в бытовых целях в качестве смазки разнообразных механизмов. Как правило,

современные промышленные масла содержат антиокислительные, загущающие, противокоррозионные присадки, которые улучшают их свойства.

Ассортимент промышленных масел непрерывно дополняется более новыми продуктами.

Промышленное масло относится к серии промышленных минеральных масел, полученных посредством селективной очистки.

Промышленное масло И-20А отлично зарекомендовало себя в качестве универсального продукта для гидравлических систем промышленного оборудования, для строительных, дорожных и других машин, которые могут работать на открытом воздухе. Кроме того, технические параметры промышленного масла И-20А дают возможность использовать его без добавления присадок, которые придают более высокую устойчивость рабочим жидкостям, поскольку справляются с определенным видом нагрузок на основании естественных способностей.

Важной характеристикой промышленного масла И-20А, как и у любого другого вида рабочих масел, является вязкость. Чем выше показатель вязкости данного вида масла, тем больше может быть нагрузка на эксплуатируемое оборудование [48].

## 2 Экспериментальная часть

### *Характеристика исходных веществ*

1. Кубовые остатки ректификационной колонны К-27 установки ЭП-300 ООО «Томскнефтехим» (ТУ 2451-178-72042240-2006).

2. Тетрахлорид титана  $TiCl_4$  – подвижная жидкость светло-жёлтого цвета,  $T_{кип}$  136,35 °С,  $T_{пл}$  -24,1 °С,  $\rho_4^{20}$  1,73 г/см<sup>3</sup>, молекулярная масса 190 г/моль (ТУ 6-09-2118-77). Использовали без дополнительной очистки.

3. Оксид пропилена  $C_3H_6O$  – подвижная бесцветная жидкость с характерным запахом,  $T_{пл}$  -98 °С,  $T_{кип}$  35 °С,  $\rho_4^{20}$  0,83 г/см<sup>3</sup>, молекулярная масса 58 г/моль.

4. Толуол  $C_7H_8$  – бесцветная подвижная летучая жидкость с резким запахом, проявляет слабое наркотическое действие. Смешивается в неограниченных пределах с углеводородами, многими спиртами, простыми и сложными эфирами, не смешивается с водой. Показатель преломления света 1,4969 при 20 °С. Горюч, сгорает коптящим пламенем.  $\rho_4^{20}$  0,87 г/см<sup>3</sup>  $T_{кип}$  110,6 °С.

5. Ксилол  $(CH_3)_2C_6H_4$  – бесцветная жидкость с характерным запахом, малорастворим в воде, хорошо растворяется в органических растворителях.  $\rho_4^{20}$  0,86 г/см<sup>3</sup>  $T_{пл}$  13,26 °С.

6. Тетрабутиламмоний иодистый  $C_{16}H_{36}IN$  – белый порошок,  $T_{пл}$  147 °С.

7. Молибдат аммония  $(NH_4)_2MoO_3$  – неорганическое соединение, имеет вид бесцветных кристаллов,  $\rho_4^{20}$  2,27 г/см<sup>3</sup>.

8. Диэтилалюминий хлорид  $(C_4H_{10}AlCl)$  – бесцветная жидкость,  $T_{кип}$  65-66 °С,  $\rho_4^{20}$  0,71 г/см<sup>3</sup>, молекулярная масса 120,5 г/моль.

9. Бутанол  $(C_4H_9OH)$  – бесцветная вязковатая жидкость,  $T_{кип}$  117,4 °С,  $\rho_4^{20}$  0,81 г/см<sup>3</sup>.

10. Пероксид водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) – бесцветная жидкость, с «металлическим» вкусом,  $\rho_4^{20}$  1,13 г/см<sup>3</sup>, при концентрации 37 %.

11. Этиленгликоль ( $\text{HO—CH}_2\text{—CH}_2\text{—OH}$ ) – прозрачная бесцветная жидкость слегка маслянистой консистенции,  $\rho_4^{20}$  1,113 г/см<sup>3</sup>,  $T_{\text{кип}}$  -12,9 °С.

## 2.1 Очистка исходной фракции жидких продуктов пиролиза

Объектом исследования является фракция ЖПП прямогонного бензина установки ЭП-300 ООО «Томскнефтехим» с повышенным содержанием ДЦПД. Для того, чтобы подготовить ДЦПДФ к полимеризации, необходимо провести очистку фракции от смолянистых соединений и продуктов окисления с помощью прямой перегонки.

Согласно методике [49], прежде чем приступить к перегонке, необходимо измерить массу колбы и приемников, поставив на каждом из них номер. Затем в колбу, снабженную прямым холодильником и термометром, помещают исследуемую фракцию ЖПП: кубовые остатки ректификационной колонны К-27 установки ЭП-300 ООО «Томскнефтехим», с целью отделения фракции от смолянистых соединений и получения фракции с повышенным содержанием дициклопентадиена. Собирают установку для перегонки, которая представлена на рисунке 2. Включают электроплиту. Фракцию нагревают до температуры 180 °С и перегоняют до момента, когда в колбе образуется смолянистый осадок. За начальную температуру кипения фракции принимают температуру, при которой упала первая капля.

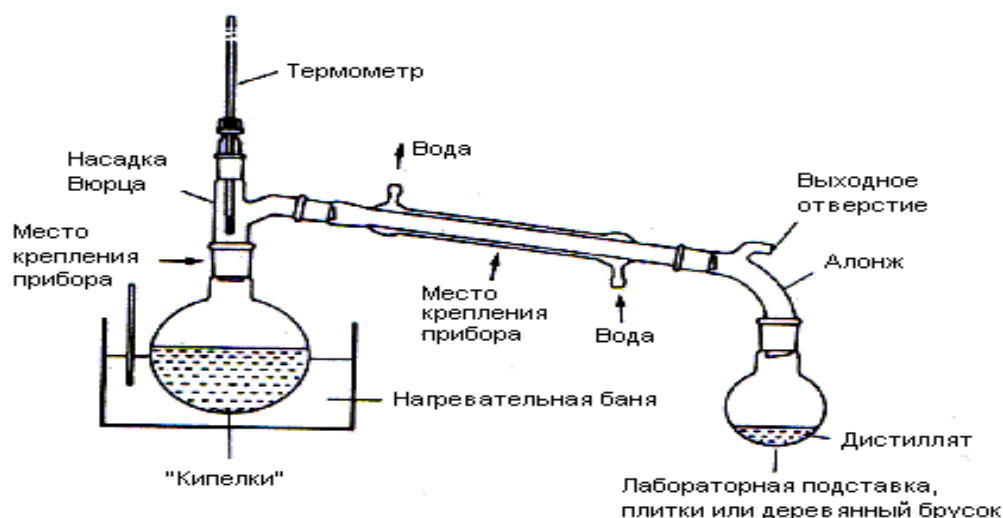
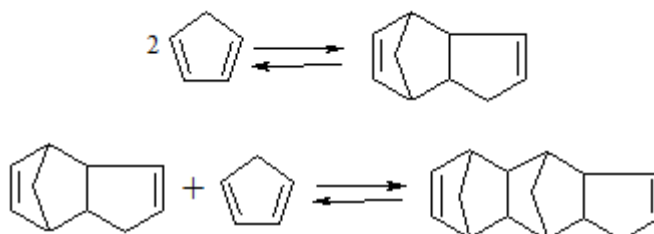


Рисунок 2 – Установка простой перегонки

## 2.2 Подготовка циклопентадиеновой фракции

Для увеличения содержания ЦПД во фракции, необходимо провести перегонку с дефлегматором. Фракционная перегонка с применением дефлегматора позволяет производить более тщательное разделение раствора нескольких жидкостей на относительно чистые индивидуальные компоненты. В данной работе, суть перегонки с дефлегматором заключается в том, что происходит разложение ДЦПД, входящий в состав фракции, с образованием реакционноспособного ЦПД. Реакция димеризации ЦПД в ДЦПД происходит по реакции Дильса-Альдера. При нагревании ДЦПД реагирует с молекулой ЦПД, так происходит полимеризация:



Перед началом перегонки проверяют герметичность всех соединений установки и положение ртутного шарика термометра относительно отводной трубки перегонной колбы. Шарик ртути должен находиться на 1-2 мм ниже отверстия отводной трубки, в противном случае показания термометра не будут соответствовать температуре кипения отгоняемого вещества.

Собирают установку, представленную на рисунке 3. В перегонную колбу наливают такой объем жидкости, чтобы он занимал не более двух третей емкости колбы. Перед нагревом в колбу опускают несколько кусочков инертного пористого материала (керамики, пемзы) размером 2-3 мм для спокойного кипения жидкости. Нагрев колбы регулируют таким образом, чтобы жидкость в течение всей перегонки кипела умеренно при скорости отбора конденсата 2-3 капли в секунду. Температура кипения ЦПД составляет 41 °С, необходимо выдерживать температуру в данном диапазоне в течение такого времени, пока не прекратится интенсивность падения



капель в приемник. Далее перегоняют фракцию до температуры кипения ДЦПД (170 °С). Перегонку прекращают, когда в колбе еще остается 2-3 мл жидкости [49].

Для предотвращения димеризации ЦПД конденсат собирают в приемник, помещенный в ледяную баню с температурой около нуля градусов по Цельсию. Полученную смесь ЦПД+ДЦПД хранят в морозильной камере.

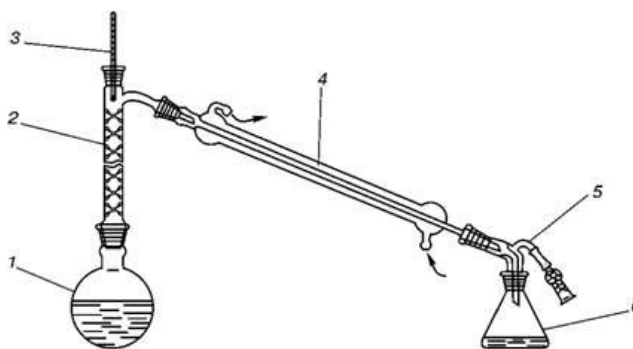


Рисунок 3 – Простая перегонка с дефлегматором:

1 – колба, 2 – дефлегматор, 3 – термометр, 4 – прямой холодильник,  
5 – алонж, 6 – колба приемник

### 2.3 Методика проведения синтеза

Условия проведения опыта:

- масса фракции 100 г;
- катализатор – алкоксид трихлорида титана, 1 % от массы фракции ( $\text{TiCl}_4$  : ОП 1:1 моль);  $\text{TiCl}_3\text{OR}$  :  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}$  = 1:1 (моль);
- температура 30 °С;
- время 120 минут;
- дезактиватор  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ .

*Приготовление каталитической системы.* Приготовить толуол в стакане 5 мл, при охлаждении (холодная вода, лед) добавить в толуол х моль  $\text{TiCl}_4$  (1 г, 0,58 мл; расчет загрузки произведен, исходя из 1 % от веса фракции). В раствор  $\text{TiCl}_4$  в толуоле добавить осторожно х моль оксида

пропилена (0,31 г, 0,36 мл), при этом охлаждать стакан льдом. Затем загрузить x моль диэтилалюминий хлорида (0,63 г, 2,72 мл).

*Загрузка, синтез.* В трёхгорлую колбу объемом 250 мл загружают подготовленную к полимеризации фракцию в количестве 100 г. Добавляют подготовленную каталитическую систему (толуол,  $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ,  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}$  в количестве, соответственно 5 мл; 0,58 мл; 0,36 мл; 2,72 мл, что суммарно, 8,66 мл) дозированием. Дозирование проводят следующим образом: каждые 10 минут вносят 1,2 мл в течение 60 минут при температуре 20 °С. Далее повышают температуру до 30 °С и проводят полимеризацию еще 60 минут. После чего реакцию смесь охлаждают до 20 °С и добавляют оксид пропилена (1,96 мл). Далее при температуре 60 °С ведут процесс дезактивации в течение 30 мин при постоянном перемешивании.

*Дезактивация проб ОП:*

$$m_{\text{TiCl}_3\text{OR}+\text{ОП}} = 1 \times 58 \times 3 / 190 = 0,92 \text{ г};$$

$$m_{\text{ДЭАХ}+\text{ОП}} = 0,63 \times 58 \times 3 / 120,5 = 0,91 \text{ г};$$

$$V = (0,92 + 0,91) / 0,859 = 2,713 \text{ мл};$$

Берем с коэффициентом избытка 1,1:  $V_{\text{ОП}} = 2,713 \times 1,1 = 2,984 \text{ мл}$ .

*Дезактивация проб n-бутанолом (каждые 10 минут):*

$$m_{\text{TiCl}_4+\text{n-бутанол}} = 1 \times 74 \times 3 / 190 = 1,163 \text{ г};$$

$$m_{\text{ДЭАХ}+\text{n-бутанол}} = 0,63 \times 74 \times 3 / 120,5 = 1,16 \text{ г};$$

$$V = (1,163 + 1,16) / 0,8098 = 2,87 \text{ мл};$$

На одну пробу с расчетом на 2 мл определяемого вещества, необходимо 0,05 н-бутанола.

Синтез НПС ведется на лабораторной установке, представленной на рисунке 4.

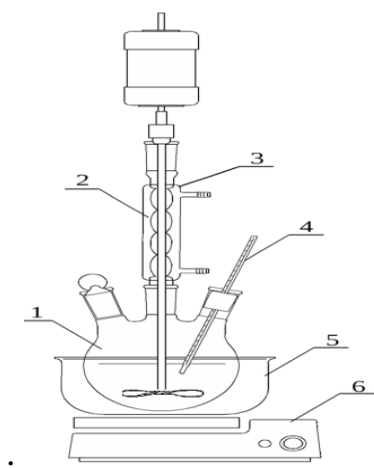


Рисунок 4 – Установка для синтеза НПС:

1 – колба, 2 – обратный холодильник, 3 – мешалка, 4 – термометр,  
5 – водяная баня, 6 – электрическая плита

## 2.4 Методика определения выхода НПС

Определение выхода осуществляется гравиметрическим методом. Керамический взвешенный бюкс с навеской около 2 г исследуемого продукта, взятой на аналитических весах с точностью до 0,01, помещают на песчаную баню, которая затем нагревается до 180 °С и выдерживается при данной температуре в течение 60 мин.

Содержание пленкообразующих веществ рассчитывается по формуле:

$$x = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \cdot 100\%$$

где  $m_1$  – масса пустого бюкса, г;

$m_2$  – масса бюкса и навески, г;

$m_3$  – масса бюкса пробы после высушивания, г.

Таблица 3 – Определение выхода НПС

№ пробы	$m_1$ , г	$m_2$ , г	$m_3$ , г	Выход, %
1 (30')	24,20	26,20	24,95	38
2 (60')	12,75	15,60	13,50	41
3 (90')	26,35	28,20	27,10	41
4 (120')	18,73	20,53	19,46	41,5

В таблице 3 приведены результаты выхода, который определялся каждые 30 минут. Конечный результат выхода НПС составил 41,5 %.

## 2.5 Методика окисления НПС раствором пероксида водорода

Предварительно исходный 41,5 %-ый раствор НПС разбавляли до 30 %-ой концентрации ксилола. Далее 30 %-ый раствор НПС в ксилоле окисляли 37 %-ым водным раствором пероксида водорода. Количество  $H_2O_2$  брали в содержании 1 % от количества сухого остатка НПС, в пересчете на 100 %  $H_2O_2$ .

В трехгорлую колбу, снабженную мешалкой, термометром, обратным холодильником загружают подготовленную к модификации смолу. Включают мешалку и при комнатной температуре добавляют расчетное количество катализатора равное 0,3024 г.

В качестве катализатора окисления использовали  $(NH_4)_2MoO_3$  в количестве 0,2 % от общей реакционной массы и межфазный агент – тетрабутиламмоний йодистый 1,5 г (1 % от массы НПС). Концентрацию пероксида водорода варьировали от 1 до 9 % от массы смолы. Добавление пероксида водорода проводили путем дозирования в расчетном количестве 0,12 мл каждые 10 минут, при температуре 40 °С, затем выдерживали при температуре 70-75 °С в течение 1 часа.

Далее окисленную нефтеполимерную смолу (ОНПС) доводят до температуры 20-25 °С, переливают в делительную воронку и оставляют на сутки. На следующий день окисленную смолу промывают 100 мл дистиллированной водой, чтобы удалить оставшийся катализатор. Далее готовят образец для анализа, остальное количество хранят в виде раствора.

После высыхания смолу измельчают в керамической ступке до порошкообразного состояния для последующих анализов.

### *Пример расчета загрузки и проведения окисления*

Условия проведения опыта:

- масса НПС<sub>ЦФ</sub> 150 г;
- окислитель H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в количестве 1, 3,5,7,9 %;
- катализатор (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>;
- межфазный агент N(C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)<sub>4</sub>I;
- температура 60-80 °С;
- время 120 минут.

Разбавление НПС толуолом до 30 %-ого раствора осуществляют по правилу креста.

1. Расчет для приготовления 30 %-го раствора НПС в ксилоле:

$$150 \text{ г} - 100 \%$$

$$x \text{ г} - 30 \%, x = 45 \text{ г (сухого остатка НПС);}$$

$$150 \text{ г} / 44 = 3,41;$$

$$30 \times 3,41 = 102,2 \text{ г (НПС);}$$

$$14 \times 4,41 = 47,74 \text{ (ксилола).}$$

2. Расчет количества H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(конц.) – 1 % от сухого остатка:

$$45 \text{ г} - 100 \%$$

$$x \text{ г} - 1 \%, x = 0,45 \text{ г} - 37 \%$$

$$x \text{ г} - 100 \%, x = 1,22 \text{ г;}$$

$$V = 1,22 / 1,13 = 1,08 \text{ мл (пероксида водорода);}$$

$$1,08 / 7 = 0,15 \text{ мл} - \text{пероксида водорода дозируем каждые 10 минут.}$$

3. Расчет количества катализатора – 0,2 % от суммы НПС + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> =

$$150 \text{ г} + 1,22 \text{ г} = 151,22 \text{ г:}$$

$$151,22 \text{ г} - 100 \%$$

$$x \text{ г} - 0,2 \%, x = 0,3024 \text{ г ((NH}_4)_2\text{MoO}_3\text{)).}$$

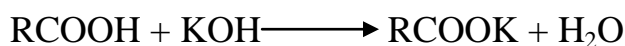
4. Расчет количества тетрабутиламмоний иодистого – 1 % от органической части 150 г:

$$150 \text{ г} - 100 \%$$

$$x \text{ г} - 1 \%, x = 1,5 \text{ г (тетрабутиламмоний иодистого).}$$

## 2.6 Методика определения кислотного числа

Кислотным числом называется 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 [50]:



В две чистые сухие колбы из термостойкого стекла емкостью по 100 мл помещают навески по 0,2 г анализируемого вещества, взвешенные на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Анализируемое вещество растворяют в смеси толуол : бутанол в отношении 85 : 15 %. В колбы наливают по 15 мл этилового спирта, добавляют 3-4 капли индикатора фенолфталеина и титруют 0,1 н спиртовым раствором гидроксида калия. Конец титрования определяют по изменению окраски раствора от желтого до малинового. Параллельно проводят титрование 15 мл этилового спирта с 10 мл толуола без навески анализируемого вещества (холостой опыт).

Кислотное число рассчитывают по формуле:

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

где  $a$  – объем 0,1 н раствора гидроксида калия, пошедший на титрование навески, мл;

$b$  – объем 0,1 н раствора гидроксида калия, пошедший на титрование холостом опыте, мл;

$g$  – навеска анализируемого вещества, г;

0,0056 – число граммов KOH, соответствующее 1 мл 0,1 н раствора KOH;

$K$  – поправка на 0,1 н раствор KOH, равная 1.

Пример расчета, при титровании *исходной* смолы :

$$\text{КЧ}_1 = \frac{(0,2 - 0,1) \cdot 0,0056 \cdot 1 \cdot 1000}{0,1960} = 2,9 \frac{\text{мг}}{\text{г}};$$

$$KЧ_2 = \frac{(0,2 - 0,1) \cdot 0,0056 \cdot 1 \cdot 1000}{0,1745} = 3,2 \frac{\text{мг}}{\text{г}};$$

$$KЧ_{\text{ср}} = 3,1 \frac{\text{мг}}{\text{г}}.$$

Таблица 4 – Результаты определения кислотного числа

	НПС <sub>ЦФ</sub>	ОНПС <sub>ЦФ1</sub>	ОНПС <sub>ЦФ3</sub>	ОНПС <sub>ЦФ5</sub>	ОНПС <sub>ЦФ7</sub>	ОНПС <sub>ЦФ9</sub>
Кислотное число, мг КОН/1 г	3,1	15,0	23,8	40,5	53,5	69,4

## 2.7 Методика определения эпоксидных групп

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

В коническую колбу емкостью 100 мл вносят 0,1 г анализируемого вещества и растворяют в 5 мл толуола. Пипеткой прибавляют 10 мл ацетонового раствора соляной кислоты (1 мл HCl + 40 мл ацетона). Смесь выдерживают при комнатной температуре в течение 30 минут. В колбу вносят 2-3 капли метилового оранжевого и титруют содержимое 0,1 н раствором гидроксида калия до исчезновения красной окраски. Параллельно проводят титрование 5 мл толуола с 10 мл ацетонового раствора HCl без навески анализируемого вещества (холостой опыт). [51]

$$\text{Э. Ч.} = \frac{(V_2 - V_1) \cdot 0,0043 \cdot 100}{m}$$

$V_1$  - объем раствора КОН, пошедшего на навески анализируемого вещества;

$V_2$  - объем раствора КОН, пошедшего на холостой опыт;

$m$  - масса навески.

Пример расчета, при титровании *исходной* смолы :

$$\text{Э. Ч.}_1 = \frac{(2,8 - 1,8) \cdot 0,0043 \cdot 100}{0,1075} = 4 \%;$$

$$\text{Э. Ч.}_2 = \frac{(2,8 - 1,9) \cdot 0,0043 \cdot 100}{0,1052} = 3,7 \%;$$

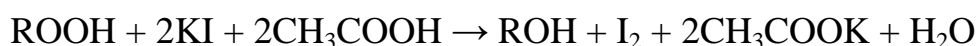
$$\text{Э. Ч.}_{\text{ср}} = 3.8 \%$$

Таблица 5 – Результаты определения эпоксидных групп

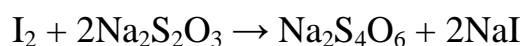
	НПС <sub>ЦФ</sub>	ОНПС <sub>ЦФ1</sub>	ОНПС <sub>ЦФ3</sub>	ОНПС <sub>ЦФ5</sub>	ОНПС <sub>ЦФ7</sub>	ОНПС <sub>ЦФ9</sub>
Эпоксидное число, %	3,8	4,5	5,9	6,1	7,5	8,4

## 2.8 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 0,4 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 водного раствора иодида калия. Содержимое колб взбалтывают и выдерживают в темном месте в течение 20 минут. 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) [50].

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

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

где a – объем 0,1 н раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , 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;

0,00225 – число граммов гидропероксидных групп, соответствующее 1 мл 0,1 н раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ;

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

$g$  – навеска анализируемого вещества, г.

Пример расчета, при титровании *исходной* смолы :

$$X_1 = \frac{(3,2 - 0,4) * 0,00225 * 1 * 100}{0,3660} = 1,7 \%;$$

$$X_2 = \frac{(2,8 - 0,4) * 0,00225 * 1 * 100}{0,4140} = 1,3 \%;$$

$$X_{\text{ср}} = 1,5 \%.$$

Таблица 6 – Результаты определения гидропероксидных групп

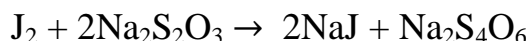
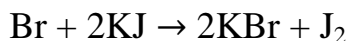
	НПС <sub>ЦФ</sub>	ОНПС <sub>ЦФ1</sub>	ОНПС <sub>ЦФ3</sub>	ОНПС <sub>ЦФ5</sub>	ОНПС <sub>ЦФ7</sub>	ОНПС <sub>ЦФ9</sub>
Гидропероксидное число, %	1,5	2,2	3,2	3,9	5,3	6,2

## 2. 9 Бромное число

Бромным числом называется число граммов брома, присоединяющееся к 100 г вещества. Оно характеризует содержание в веществе непредельных соединений.

Бромное число определяют следующим образом. В две конические колбы с притертыми пробками емкостью по 100 мл помещают по 0,1 г анализируемого вещества. Взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0002 г. В колбы добавляют по 5 мл толуола, содержимое перемешивают и охлаждают в ледяной бане до 5 °С. Затем в каждую колбу приливают охлажденный раствор брома в ледяной уксусной кислоте в таком количестве, чтобы содержимое колб оставалось желтым от избытка брома и после охлаждения. Полученные смеси снова охлаждают до 5 °С и при этой температуре выдерживают в темном месте в течение 5 минут. После этого добавляют 10 мл раствора иодида калия. Выделившийся йод сразу титруют

0,1 н раствором тиосульфата натрия в присутствии 1 мл раствора крахмала. Крахмал к титруемым растворам приливают перед концом титрования, когда желтая окраска йода начнет ослабевать. 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 холостой опыт. В колбу на 100 мл наливают 5 мл толуола, раствор брома в ледяной уксусной кислоте, 10 мл иодида калия и титруют.

При выполнении анализа для предотвращения побочной реакции замещения температуру реакционной массы поддерживают строго заданной и берут небольшой избыток бромного раствора.

Бромное число вычисляют по формуле:

$$\text{Б. Ч.} = \frac{(a - b) * 0.008 * K * 100}{g}, \frac{\text{г}}{100} \text{ Br}$$

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

Пример расчета для титрования исходной смолы:

$$\text{Б. Ч.} = \frac{(9,0 - 0,5) * 0.008 * K * 100}{0,1231} = 55,2 \frac{\text{г}}{100} \text{ Br}$$

Таблица 7 – Результаты определения бромного числа

	НПС <sub>ЦФ</sub>	ОНПС <sub>ЦФ1</sub>	ОНПС <sub>ЦФ3</sub>	ОНПС <sub>ЦФ5</sub>	ОНПС <sub>ЦФ7</sub>	ОНПС <sub>ЦФ9</sub>
Бромное число, г $\text{Br}_2/100 \text{ г}$	55,2	49,5	42,9	35,1	28,5	20,4

## **2.10 Методика приготовления водомасляных эмульсий**

Приготовление водомасляных эмульсий, состоящих из воды, минерального масла И-20 и нефтеполимерной смолы, производили при температуре 20-25 °С путем смешивания компонентов с помощью роторного диспергатора *IKA ULTRA TURRAX T18* в течение 10 минут при 18000 об/мин. В качестве эмульгатора использовали исходные и окисленные пероксидом водорода нефтеполимерные смолы, которые были взяты в количестве (расчет ведется на 30 г ВМЭ):

1. 70 % вода;  
1 % НПС;  
29 % минеральное масло И-20.
2. 70 % вода;  
0,5 % НПС;  
29,5 % минеральное масло И-20.
3. 70 % вода;  
1,5 % - НПС;  
28,5 % минеральное масло И-20.

## **2.11 Методика определения реологических характеристик водомасляных эмульсий**

Реологические характеристики, а именно динамическая вязкость, напряжение сдвига и скорость сдвига в ВМЭ определяли с помощью вискозиметра Брукфильда DV-II+PRO предназначенного для измерения вязкости жидкостей при данных условиях сдвига.

Принцип работы вискозиметра DV-II+PRO основан на вращении шпинделя (погруженного в испытуемую жидкость) с приводом от калиброванной пружины. Вязкое сопротивление жидкости вращению шпинделя определяется по изменению скорости привода. Изменение

скорости привода определяется с помощью датчика вращения шпинделя, размером и формой шпинделя, контейнером, в котором вращается шпиндель, и шириной диапазона крутящих моментов калиброванного привода.

### **2.12 Методика определения стабильности водомасляных эмульсий**

Аликвотную часть эмульсии из стакана переносили в стеклянные пробирки одинаковой формы, высоты и равного объема, и оставляли в покое. Дестабилизацию эмульсии определяли по высоте (объему) отделившегося верхнего светлоокрашенного слоя выделившегося масла, который со временем хранения может увеличиться в объеме или остаться без изменения в зависимости от концентрации НПС, соотношения воды и смолы.

### **2.13 Методика определения низкотемпературных показателей нефтепродуктов**

Измеритель низкотемпературных показателей нефтепродуктов «ИНПН SX-850» является вискозиметром ротационного типа и предназначен для определения динамической вязкости нефтепродуктов в диапазоне температур (до  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в лабораторных и заводских условиях. Прибор состоит из электронного блока, криостата (холодильника) и датчика динамической вязкости нефтепродуктов.

Принцип действия прибора «ИНПН SX-850» при определении динамической вязкости нефтепродуктов основан на измерении крутящего момента при постоянной скорости сдвига.

Измерение и анализ результатов осуществляется микропроцессорным блоком в реальном масштабе времени. Точность измерения температуры пробы составляет  $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , точность определения динамической вязкости 4 %.

Для определения динамической вязкости нефтепродуктов потребуется:

- прибор «ИНПН SX-850»;
- пробирка плоскодонная из алюминия с внешним диаметром – 18 мм, внутренним диаметром – 16 мм и высотой 47 мм;
- датчик динамической вязкости, состоящий из двигателя постоянного тока, шпинделя и электронного датчика температуры;
- в качестве охлаждающей жидкости применять проточную воду или другую жидкость с температурой не выше +40 °С и скоростью подачи 2-5 л/мин.

Для приготовления водомасляной эмульсии потребуется:

- Диспергатор роторный ИКА ULTRA TURRAX T18;
- Весы лабораторные;
- Стаканчик стеклянный;
- НПС<sub>ЦФ</sub> и ОНПС<sub>ЦФ</sub>;
- Этиленгликоль;
- Индустриальное масло И-20;
- Дистиллированная вода.

*Подготовка к испытанию*

1. Подсоединить прибор к водяному охлаждению.
2. Подсоединить датчик динамической вязкости к соответствующему разъёму на боковой поверхности прибора.
3. Подготовить пробу:
  - во внутреннюю часть пробирки налить 4,5 мл испытуемого образца, не допуская попадания продукта на стенки пробирки
  - вставить датчик вязкости в пробирку с пробой, закрутить.
4. Пробирку с датчиком вязкости установить в криостат прибора и подать воду.

### *Измерение*

Установить тумблер «СЕТЬ» в положение ВКЛ, на передней панели прибора загорается красный индикатор питания «СЕТЬ». На дисплее высвечивается текст: Water! Нажать кнопку «ПУСК».

Экран дисплея выглядит следующим образом:

Water!

Нажать кнопку «ПУСК», отпустить кнопку при смене сообщения на экране дисплея:

Term – pusk  
Krio - stop

Для выбора режимов Term или Krio необходимо нажать на кнопку «ПУСК» или «СТОП» соответственно.

На дисплее прибора сообщение:

Krio

Через несколько секунд на экране дисплея:

Cooling mode  
Tk=±xx

Далее следует ввести температуру +20 °С. Затем зажать кнопку «ПУСК», на дисплее появляется текст: A=aaaa; T=+ttt\*\* , криостат включен.

Измерение закончено, если:

1. Заполнена память прибора, на экране дисплея текст «!end»; прибор подает 4 коротких сигнала зуммера.

2. В процессе охлаждения нажать на кнопку «СТОП»

Результат измерения считывается из памяти прибора нажатием кнопки «СТОП».

Выключить прибор, прекратить подачу воды в систему охлаждения прибора.

## 2.14 Исследование свойств НПС<sub>ЦФ</sub> и ОНПС<sub>ЦФ</sub> с помощью ИК-спектроскопии

Идентификацию кислородсодержащих групп в НПС и ОНПС проводили с помощью ИК-спектроскопии. ИК-спектры в диапазоне длин волн 400–4000 см<sup>-1</sup> регистрировали на ИК-Фурье спектрометре Nicolet 5700.

При пропускании инфракрасного излучения через вещество происходит возбуждение колебательных движений молекул или их отдельных фрагментов. При этом наблюдается ослабление интенсивности света, прошедшего через образец. Однако поглощение происходит не во всём спектре падающего излучения, а лишь при тех длинах волн, энергия которых соответствует энергиям возбуждения колебаний в изучаемых молекулах. Следовательно, длины волн (или частоты), при которых наблюдается максимальное поглощение ИК-излучения, могут свидетельствовать о наличии в молекулах образца тех или иных функциональных групп и других фрагментов, что широко используется в различных областях химии для установления структуры соединений.

При идентификации полимерных материалов, как правило, сначала анализируют наличие полос поглощения в области валентных колебаний двойной связи (3000 1640 см<sup>-1</sup>) и области деформационных колебаний этих связей (990 660 см<sup>-1</sup>). Если они есть в ИК-спектре, то полимер можно отнести к классу ненасыщенных полимеров. Далее, используя таблицы характеристических частот, делают полное отнесение других полос поглощения к определенным атомным группировкам, составляющим звено макромолекулы. Интерпретацию спектра осложняет тот факт, что полосы поглощения различных групп могут перекрываться, или смещаться в результате ряда факторов.

## 2.15 Методика окисления смолы по реакции Прилежаева

Модификацию нефтеполимерной смолы проводят окислением 30 %-го раствора смолы в толуоле окислительной системой –  $\text{H}_2\text{O}_2 : \text{CH}_3\text{COOH}$  1 : 1 (моль), вносимой дозировано при температуре 50-55 °С. Количество окислителя составляет 0,5 частей на 1 часть НПС. Реакционную массу, подкисленную  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , нагревают до 75 °С, процесс ведут в течение трех часов с отбором проб через каждые 30 минут. По завершению окисления, осуществляют многократную промывку реакционной массы водой до нейтральной среды ( $\text{pH} = 7$ ) [52].



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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ДМ6В	Филипповой Марине Юрьевне

<b>Институт</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ОХИ</b>
Уровень образования	Магистрант	Направление/специальность	Химическая технология

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	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 :**

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
2. *Диаграмма Исикавы*
3. *График проведения и бюджет НИ*
4. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

**Дата выдачи задания для раздела по линейному графику**

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Креницына З.В.	к.т.н, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ДМ6В	Филиппова Марина Юрьевна		

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1 Предпроектный анализ

#### 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт (результат научно-исследовательской работы) – модифицированная нефтеполимерная смола, потребителями которой могут быть химические предприятия и строительные компании. В настоящее время нефтеполимерные смолы нашли широкое применение в различных отраслях промышленности: лакокрасочной, шинной и резиновой, в производстве бумаги, клеев, древесно-волоконистых плит и др. Одним из направлений использования нефтеполимерных смол является применение смол в составе стабильных водомасляных эмульсий (ВМЭ), необходимых в технологии получения топлив, увеличения нефтеотдачи пластов. Поэтому разработка эмульсий с применением добавки - нефтеполимерной смолы, является актуальной задачей. В результате исследования была разработана технология получения водомасляных эмульсий, в которых ОНПС выступала в качестве стабилизатора.

В результате сегментирования рынка были определены основные сегменты, а также выбраны наиболее благоприятные из них.

		Характеристики метода окисления			
		Дешевое сырье	Доступность реактивов	Улучшение свойств смолы	Высокий выход продукта
Основные компании	Пиропласт-2				
	ВитаХим Сибирь				
	Оптима				

Рисунок 20 – Карта сегментирования рынка услуг процесса окисления нефтеполимерной смолы

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Целевым рынком в данном проекте являются нефтяные и нефтехимические предприятия, производители металлоконструкций и металлообработки.

В Таблице 10 приведена оценка конкурентов,

где  $K_{\Phi}$  – разрабатываемый проект,

$K_1$  – Аквол – 10М,

$K_2$  – Promolsol AM,

$K_3$  – Almosol EP.

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		$B_{\Phi}$	$B_{K1}$	$B_{K2}$	$B_{K3}$	$K_{\Phi}$	$K_{K1}$	$K_{K2}$	$K_{K3}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>									
Внешний вид	0,10	5	5	2	5	0,5	0,5	0,2	0,5
Стабильность	0,15	4	3	5	4	0,6	0,45	0,75	0,6
Вязкость	0,10	5	4	4	3	0,5	0,4	0,4	0,3
Содержание минерального масла	0,10	5	2	3	4	0,5	0,2	0,3	0,4
Безопасность	0,20	4	4	4	4	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>									
Конкурентоспособность продукта	0,05	3	5	4	5	0,15	0,25	0,2	0,25
Уровень проникновения на рынок	0,05	4	5	4	5	0,2	0,25	0,2	0,25
Цена	0,15	3	5	4	5	0,45	0,75	0,6	0,75
Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	3	5	5	5	0,3	0,5	0,5	0,5
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>38</b>	<b>39</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>4</b>	<b>4,1</b>	<b>3,95</b>	<b>4,35</b>

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в таблице 10, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее

слабая позиция, а 5 – наиболее сильная позиция. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле [54]:

$$K = \sum B_i * \text{Б}_i$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$\text{Б}_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Конкурентоспособность данной научной разработки выше, по сравнению с смазочно-охлаждающими жидкостями (СОЖ) Promolsol AM, так как данная разработка имеет более низкое содержание масла и более высокую вязкость. Разрабатываемый проект по сравнению с Аквол – 10М и Almasol EP, которые плотно закреплены на рынке, имеют низкие показатели по некоторым пунктам, так как находятся на стадии усовершенствования. Для повышения конкурентоспособности разработки необходимо повысить стабильность данной эмульсии и стремиться к продвижению материала на рынок путем рекламы.

#### **4.1.3 FAST – анализ**

FAST-анализ выступает как синоним функционально-стоимостного анализа. Суть этого метода базируется на том, что затраты, связанные с созданием и использованием любого объекта, выполняющего заданные функции, состоят из необходимых для его изготовления и эксплуатации и дополнительных, функционально неоправданных, излишних затрат, которые возникают из-за введения ненужных функций, не имеющих прямого отношения к назначению объекта, или связаны с несовершенством конструкции, технологических процессов, применяемых материалов, методов организации труда и т.д.

Проведение FAST-анализа предполагает шесть стадий:

1. Выбор объекта FAST-анализа;
2. Описание главной, основных и вспомогательных функций, выполняемых объектом;
3. Определение значимости выполняемых функций объектом;
4. Анализ стоимости функций выполняемых объектом исследования;
5. Построение функционально-стоимостной диаграммы объекта и ее анализ;
6. Оптимизация функций выполняемых объектом.

Целью данной работы служит получение окисленных (модифицированных) НПС и применение их в составе ВМЭ.

Для облегчения процесса выделения и классификации функций объекта исследования рекомендуется сначала описать главную функцию объекта исследования (системы), затем выделить элементы его образующие и описать все функции выполняемые этими элементами.

Таблица 11 – Классификация функций, выполняемых объектом исследования

Наименование процесса	Выполняемая функция	Ранг функции		
		Главная	Основная	Вспомогательная
1	2	3	4	5
Перегонка фракции «Куб от куба»	Обеспечивает приготовление реакционноспособной фракции для последующего получения еще более реакционноспособного компонента			X
Перегонка ДЦПДФ с помощью дефлегматора	Обеспечивает приготовление еще более реакционноспособной фракции с целью получения ЦПД для синтеза НПС			X
Синтез НПС	Осуществляет приготовление НПС для дальнейшего окисления		X	
Определение выхода НПС	Показывает точное значение выхода НПС при синтезе для дальнейших расчетов			X

Окисление НПС	Происходит модификация НПС для изучения функциональных групп в ОНПС и применения в качестве стабилизаторов	X		
Приготовление ВМЭ	Применение как СОЖ	X		

*Определение значимости выполняемых функций объектом.* Для оценки значимости выполняемых функций используется метод расстановки приоритетов, предложенный Блумбергом В.А. и Глущенко В.Ф. В основу данного метода положено расчетно-экспертное определение значимости каждой функции.

Таблица 12 – Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5
Функция 1	=	<	<	<	<
Функция 2	>	=	>	<	<
Функция 3	<	<	=	<	<
Функция 4	>	>	>	=	<
Функция 5	>	>	>	>	=

Примечание: «<» - менее значимая; «>» - более значимая; «=» - одинаковые функции по значимости.

Таблица 13 – Матрица количественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Функция 4	Функция 5	Итого
Функция 1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	<b>3</b>
Функция 2	1,5	1	1,5	0,5	0,5	<b>5</b>
Функция 3	0,5	0,5	1	0,5	0,5	<b>3</b>
Функция 4	1,5	1,5	1,5	1	0,5	<b>6</b>
Функция 5	1,5	1,5	1,5	1,5	1	<b>7</b>
						<b>Σ24</b>

Примечание: 0,5 при «<»; 1,5 при «>»; 1 при «=».

Относительная значимость функций:

Функция 1:0,125;

Функция 2:0,21;

Функция 3: 0,125;

Функция 4:0,25;

Функция 5:0,29.

*Анализ стоимости функций, выполняемых объектом исследования.*

Задача данной функции заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции. Сделать это возможно с помощью применения нормативного метода. Расчет стоимости функций приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Определение стоимости функций, выполняемых объектом исследования

Наименование процесса	Выполняемая функция	Норма расхода, г	Трудоемкость, ч	Стоимость материала, руб.	Заработная плата, руб.	Себестоимость, руб.
Перегонка фракции «Куб от куба»	Обеспечивает приготовление реакционноспособной фракции для синтеза НПС	250	4	22387,7	132652,10	155039,8
Синтез НПС	Осуществляет приготовление НПС для дальнейшего окисления	300	2	10831,54	222855,53	233687,07
Определение выхода НПС	Показывает точное значение выхода НПС при синтезе для дальнейших расчетов	9	1	2320	132652,10	134972,1
Окисление НПС	Происходит модификация НПС для изучения функциональных групп в ОНПС и применения в качестве стабилизаторов	200	2	11352	265304,2	276656,2
Приготовление ВМЭ	Применение как СОЖ	50	0,5	23423,8	307752,87	331176,6

#### 4.1.4 Диаграмма Исикавы

Диаграмма причины-следствия Исикавы – 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.

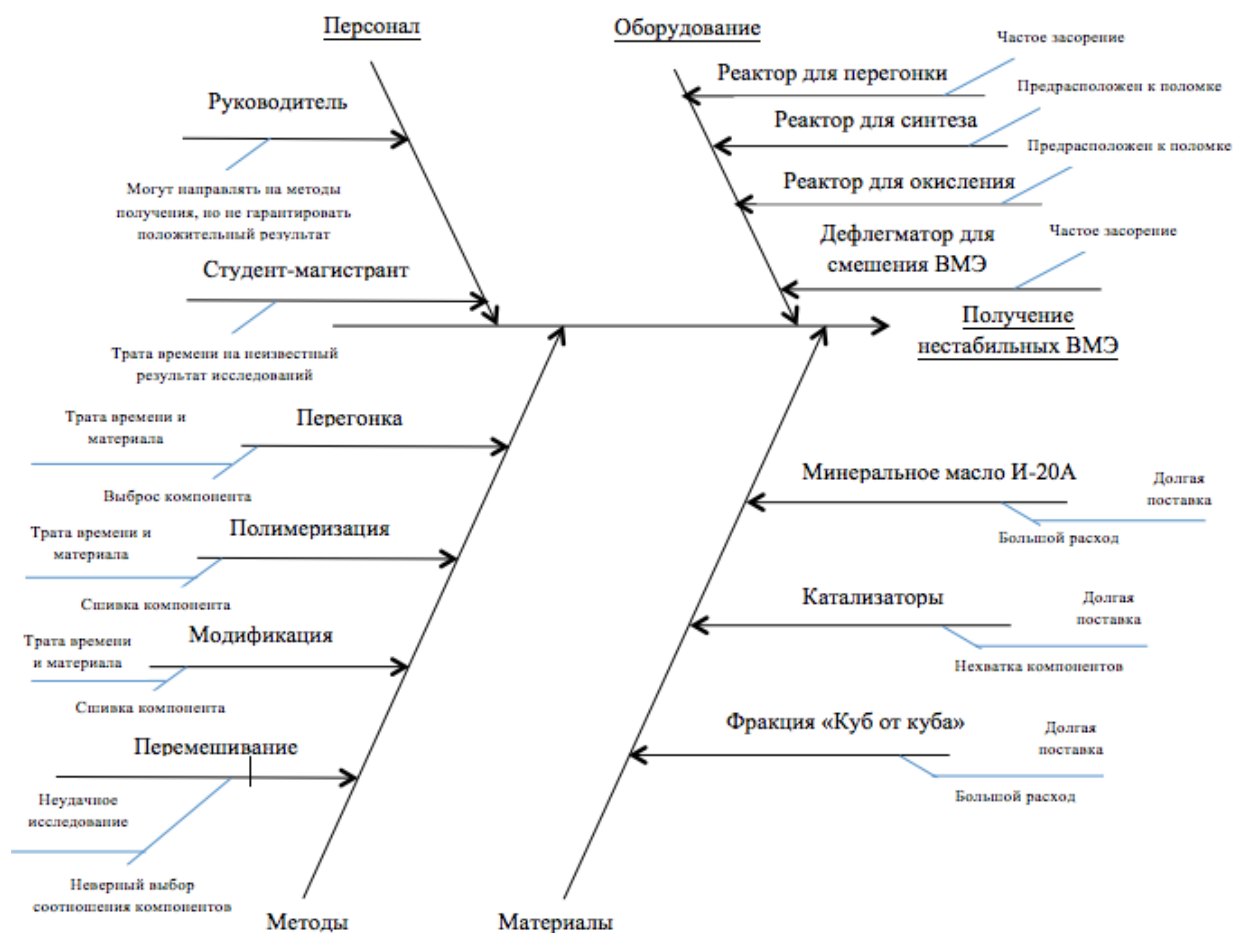


Рисунок 21 – Причинно-следственная диаграмма

#### 4.1.5 Оценка готовности проекта и коммерциализации

Показатели степени проработанности научно-исследовательского проекта с позиции коммерциализации приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	4
3	Определены отрасли и технологии для предложения на рынке	5	5
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4



Продолжение таблицы 15

5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10	Разработана стратегия реализации научной разработки	4	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	3
15	Проработан механизм реализации научного проекта	2	2
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>46</b>	<b>45</b>

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле [55]:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

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

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  для степени проработанности проекта составило 46 балла, а для уровня имеющихся знаний у разработчика 45. Эти значения лежат в интервале от 59 до 45 баллов, что соответствует выше средней перспективности данного научно-исследовательского проекта.

Согласно полученному результату, данному проекту требуются инвестиции для дальнейшего улучшения разработки. Необходимо разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки. Требуется повысить знания у разработчика в области маркетинга, определить перспективные направления коммерциализации проекта, проработать вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки и финансирования.

#### **4.1.6 Методы коммерциализации научно-технического исследования**

Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности.

Данное исследование выделяет такие методы исследования как: передача ноу-хау, так как в работе созданы и исследованы новые оптимальные соотношения компонентов для стабильности ВМЭ, которые служат как СОЖ в нефтехимической промышленности. Данные ВМЭ могут заменить ранее введенные СОЖ, так как являются более дешевыми и стабильными в эксплуатации.

### **4.2 Инициация проекта**

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта [54].

#### **4.2.1 Цели и результат проекта**

В данном разделе приведена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей (таблица 16).

Таблица 16 – Цели и результаты проекта

<b>Цели проекта</b>	<p>1. Получение НПС полимеризацией фракции ЖПП с повышенным содержанием дициклопентадиена, который при подготовке фракции трансформируется в циклопентадиен.</p> <p>2. Исследование процесса модификации НПС, заключающегося в окислении НПС в условиях межфазного катализа с использованием катализатора молибдата аммония и межфазного агента – тетрабутиламмония иодистого.</p> <p>3. Разработка стабильных при хранении, деформациях и температуре до 90 – 100 °С высоковязких эмульсий с применением масел, включающих добавку – модифицированную циклопентадиеновую нефтеполимерную смолу, и исследование реологических характеристик водомасляных эмульсий.</p>
<b>Ожидаемые результаты проекта</b>	Получение стабильных ВМЭ с использованием стабилизаторов, а именно исходной и окисленных НПС.
<b>Критерии приемки результата проекта</b>	Разработанные эмульсии должны быть стабильны в течение длительного времени. Должна наблюдаться закономерность, что с увеличением окислителя в НПС ВМЭ показывает лучшие показатели реологических характеристик.
<b>Требования к результату проекта</b>	<p>1. Выполнение проекта в срок</p> <p>2. Научная новизна проекта</p> <p>3. Подготовка по результатам исследований публикаций в рецензируемых изданиях</p> <p>4. Получение оптимального соотношения компонентов в ВМЭ</p> <p>5. Стабильность ВМЭ в течение длительного времени</p> <p>6. Более лучшие реологические характеристики ВМЭ</p>

#### 4.2.2 Организационная структура проекта

Организационная структура рабочей группы проекта представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Бондалетова Людмила Ивановна, к.х.н., доцент ОХИ НИ ТПУ	Руководитель проекта	Работа над реализацией проекта, координация и консультирование исполнителя проекта	30
2	Филиппова Марина Юрьевна, магистр ОХИ НИ ТПУ	Исполнитель проекта	Проведение исследований проекта, оценка результатов по проекту, формулирование выводов	450
ИТОГО:				480

### 4.2.3 Организация и допущения проекта

В таблице 18 приведены все ограничения проекта.

Таблица 18 – Ограничение проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	15000
Источник финансирования	НИ ТПУ
Сроки выполнения	1.03.16 – 13.06.18
Дата утверждения плана управления проектом	1.03.2017 г.
Дата завершения проекта	13.06.2018 г.
Прочие ограничения и допущения	-Ограничение по времени работы проекта; -Сложность в получении доступа к необходимому оборудованию для более глубокого исследования

### 4.3 Планирование управления проекта научно-техническим проектом

#### 4.3.1 Контрольные события проекта

В рамках данного раздела были определены ключевые события научно-исследовательского проекта, определены их даты и результаты. Эта информация сведена в таблице 19.

Таблица 19 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольные события	Дата	Результат
1	Определение и утверждение темы проекта	Сентябрь – октябрь 2016 г.	Техническое задание НИР
2	Проведение экспериментальных исследований и обсуждение полученных результатов	Январь – июнь 2017 г.	Собеседование с руководителем, отчет по НИР
3	Проведение экспериментальных исследований	Сентябрь – декабрь, 2017 г. январь – март, 2018 г.	Отчет по работе, обсуждение на семинаре
4	Написание диссертации	Май 2018 г.	Проект
5	Подготовка демонстрационных материалов и докладов защиты	Июнь 2018 г.	Защита проекта

### 4.3.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта построен линейный график проекта (таблица 20).

Таблица 20 – Календарный план проекта

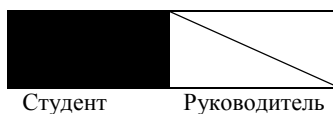
№ п/п	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Определение и утверждение темы проекта	60	1.09.2016	30.09.2016	Бондалетова Л.И.
2	Знакомство с литературой по теме	121	1.09.2016	30.12.2016	Филиппова М.Ю.
3	Проведение экспериментальных исследований	121	1.09.2016	30.12.2016	Филиппова М.Ю.
4	Проведение патентного поиска по теме	181	10.01.2017	10.06.2017	Филиппова М.Ю.
5	Проведение экспериментальных исследований и обсуждение полученных результатов	181	10.01.2017	10.06.2017	Филиппова М.Ю. Бондалетова Л.И.
6	Написание тезисов докладов по материалам работы	181	10.01.2017	10.06.2017	Филиппова М.Ю.
7	Проведение экспериментальных исследований	211	1.09.2017	30.03.2018	Филиппова М.Ю.
8	Написание статей, составление докладов по материалам работы	89	1.02.2018	30.04.2018	Филиппова М.Ю.
9	Написание диссертации	29	1.05.2018	30.05.2018	Филиппова М.Ю.
10	Подготовка демонстрационных материалов и докладов защиты	12	1.06.2018	13.06.2018	Филиппова М.Ю.

### 4.3.3 Диаграмма Ганта

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 работ (таблица 21).

Таблица 21 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Название	Т, дни	2016				2017						2018										
		сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	
Определение и утверждение темы проекта	60																					
Знакомство с литературой по теме	121																					
Проведение экспериментальных исследований	121																					
Проведение патентного поиска по теме	181																					
Проведение экспериментальных исследований и обсуждение полученных результатов	181																					
Написание тезисов докладов по материалам работы	181																					
Проведение экспериментальных исследований	211																					
Написание статей, составление докладов по материалам работы	89																					
Написание диссертации	29																					
Подготовка демонстрационных материалов и докладов защиты	12																					



## 4.3.4 Бюджет научного исследования

### 4.3.4.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых на выполнение работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода.

Таблица 22 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Единицы измерения	Количество	Цена за единицу с НДС, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Фракция «Куб от куба»	Л	3	115	345
Ксилол	Л	0,2	100	20
Толуол	Л	2	80	160
Кальций хлористый	Кг	0,2	35	7
Четыреххлористый титан	Л	0,08	243	19,44
Бутиловый спирт	Л	0,05	96	4,8
Оксид пропилена	Л	0,05	41	2,05
Бензол	Л	0,3	570	171
ДЭАХ	Л	0,05	45	2,25
Нафталин	Кг	0,12	622	74,64
Калий йодистый	Кг	0,02	1250	25
Перекись водорода	Л	1	40	40
Молибдат аммония	Кг	0,2	1530	306
Тетрабутилламмоний йодистый	Кг	0,2	6720	1344
Тиосульфат натрия	Кг	0,05	139	6,95
Бром	Кг	0,15	195	29,25
Ледяная уксусная кислота	Кг	0,25	51	12,75
Крахмал	Кг	0,1	30	3
Гидроксид калия	Кг	0,5	97	48,5
Соляная кислота	Л	0,5	214	107
Минеральное масло И-20А	Л	3	165	330
Ацетон	Кг	2	46	92
Серная кислота	Кг	0,01	40	0,4
Хлорид натрия	Кг	0,05	13	0,65
Круглодонная колба на 250 мл	Шт	1	68	68
Прямой холодильник	Шт	1	400	400
Колба коническая на 250 мл	Шт	2	110	220
Делительная воронка на 500 мл	Шт	1	555	555
Шприцы на 1 мл	Шт	30	1,5	45
Термометр ртутный 250 °С	Шт	2	620	1240
Штатив	Шт	2	1500	3000
Мерный цилиндр на 100 мл	Шт	1	33	33
Трехгорная колба на 250 мл	Шт	1	340	340
Обратный холодильник	Шт	1	1500	1500
Воронка	Шт	3	30	90
Пипетка на 10 мл	Шт	5	30	150
Пипетка на 5 мл	Шт	5	26	130

## Продолжение таблицы 22

Пипетка на 2 мл	Шт	5	20	100
Пипетка на 1 мл	Шт	5	18	90
Стакан химический на 50 мл	Шт	10	19	190
Стакан химический на 250 мл	Шт	5	30,8	154
Скальпель	Шт	6	70	420
Груша	Шт	2	5	10
Чашка Петри	Шт	5	10	50
Пробирка	Шт	15	7	105
Алюминиевая кастрюля	Шт	1	200	200
Стеклопалочка	Шт	10	2	20
Всего за материалы				13786,98
Транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 %)				689,349
Итого по статье С <sub>М</sub>				14476,33

**4.3.4.2 Специальное оборудование для научных работ**

В данную статью включены затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по данной теме.

Таблица 23 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Срок службы, лет	Годовые амортизационные отчисления, руб.	Амортизационные отчисления за период использования, руб.
Роторный испаритель Heidolph Hei-VAP	1	219456,9	10	21945,69	1804
Верхнеприводная мешалка механическая RZR 2021	1	54720	7	7817,14	643
Диспергатор IKA ULTRA TURRAX T18	1	76248,1	10	7624,81	627
Вискозиметр Brookfield DV-II+Pro	1	150000	10	15000,0	1233
Итого					4307

Цена единицы оборудования роторный испаритель составляет 219456,9, срок службы – 10 лет, следовательно годовые амортизационные отчисления составляют 21945,69. Амортизационные отчисления за период использования, рассчитанные линейным способом, будут составлять 1804 руб/год.



Аналогично рассчитывается стоимость мешалки, диспергатора и вискозиметра Брукфильд.

Общие амортизационные отчисления за период использования: 4307 руб.

#### 4.3.4.3 Расчет основной заработной платы

Статья включает основную заработную плату работников, занятых выполнением проекта, и дополнительную заработную плату.

$$C_{ЗП} = З_{ОСН} + З_{ДОП},$$

где  $З_{ОСН}$  – основная заработная плата;

$З_{ДОП}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{ОСН} = З_{ДН} * T_{РАБ},$$

где  $З_{ОСН}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_{РАБ}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 5);

$З_{ДН}$  – среднедневная заработная плата одного работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{ДН} = \frac{З_{М} * М}{F_{Д}},$$

где  $З_{М}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 48 раб. дней  $М = 10,4$  месяца, 6-тидневная неделя;

$F_{Д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней.

Таблица 24 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Лаборант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
• Выходные дни	52	52
• Праздничные дни	14	14

Потери рабочего времени		
• Отпуск	48	48
• Невыходы по болезни	10	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	124	124

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_6 * (k_{пр} + k_d) * k_p,$$

где  $Z_6$  – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент;

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

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

Основная заработная плата руководителя (от НИ ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1. Оклад – определяется предприятием. В НИ ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, старший преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.
2. Стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.
3. Иные выплаты, районный коэффициент.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_6$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_M$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_{д}$ , раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	20383,99	1	0,14	1,3	30209,07	2533,66	30	76009,8
Магистрант	2200	1	0	1,3	2860	239,87	60	14392,2

#### 4.3.4.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

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

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

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

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты (10 %);

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

В таблице 26 приведена форма расчета основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 26 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	76009,8	14392,2
Дополнительная зарплата	7600,98	1439,22
Итого по статье С <sub>зп</sub>	99442,2	

#### 4.3.4.5 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

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

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) (27,1 %).

Отчисления на социальный нужды руководителя:

$$C_{\text{внеб}} = 0,271 * (76009,8 + 7600,98) = 22658,3 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды для лаборанта:

$$C_{\text{внеб}} = 0,271 * (14392,2 + 1439,22) = 4290,3 \text{ руб.}$$

#### 4.3.4.6 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и т.д.

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

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{НАКЛ}} = k_{\text{НАКЛ}} * (З_{\text{ОСН}} + З_{\text{ДОП}}),$$

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

#### 4.3.4.7 Расчет затрат на электроэнергию

В данной работе используется следующее оборудование, потребляющее электроэнергию: Роторный испаритель Heidolph Hei-VAP, Верхнеприводная мешалка механическая RZR 2021, Диспергатор IKA ULTRA TURRAX T18, Вискозиметр Brookfield DV-II+Pro, электроплита.

Расчет оплаты за электроэнергию проводится по следующей формуле:

$$C_{\text{ЭЛ}} = P * \tau * 4,36,$$

где  $P$  – потребляемая мощность, кВт;

$\tau$  – время работы оборудования, ч;

4,36 – стоимость 1 кВт\*ч, руб.

Данные по оплате за электроэнергию для каждого оборудования приведены в таблице 27.

Таблица 27 - Плата за электроэнергию

Наименование оборудования	Потребление мощности, кВт	Время работы, ч	Оплата, руб.
Роторный испаритель Heidolph Hei-VAP	1,4	720	4394,88
Верхнеприводная мешалка механическая RZR 2021	0,7	720	2197,44
Диспергатор IKA ULTRA TURRAX T18	0,10	720	313,92
Вискозиметр Brookfield DV-II+Pro	0,3	720	941,76
Электроплита	1,00	720	3139,2
Итого			10987,2

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составлена калькуляция плановой себестоимости НИР за 2 год научно-исследовательской работы, результаты приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Группировка затрат по статьям

Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), руб.	Амортизационные отчисления за период использования, руб.	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления на социальные нужды, руб.	Накладные расходы, руб.	Электроэнергия, руб.	Итоговая плановая себестоимость, руб.
14476,33	4307	76009,8	7600,98	22658,3	66888,624	10987,2	
		14392,2	1439,22	4290,3	12665,146		<b>235715,11</b>

#### 4.3.5 Организационная структура проекта

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная. Для данного научного-исследовательского проекта, согласно критериям выбора, была построена организационная структура (рисунок 22).



Рисунок 22 – Проектная структура проекта

### 4.3.5.1 Оценка сравнительной характеристики 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 разных вариантов исполнения научного исследования. Для этого небольшой интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где  $I_{\Phi}^p$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

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

Стоимость разработки составляет **235715,11** руб.

Таблица 29 – Сырье для аналога Аквол

Наименование	Единицы измерения	Количество	Цена за единицу с НДС, руб.	Сумма, руб.
Минеральное масло И-20А	л	3	300	900
Эмульгатор Neocare	л	1,5	700	1050
Отработанное автомобильное масло	л	3	1000	3000
ПАВ (сульфанол)	кг	2	1450	2900
Итого				7850

Таблица 30 – Амортизационные отчисления по спецоборудованию для аналога

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Срок службы, лет	Годовые амортизационные отчисления, руб.	Амортизационные отчисления за период использования, руб.
Роторный испаритель Heidolph Hei-VAP	1	219456,9	10	21945,69	1804
Верхнеприводная мешалка механическая RZR 2021	1	54720	7	7817,14	643
Диспергатор IKA ULTRA TURRAX T18	1	76248,1	10	7624,81	627
Вязкозиметр Brookfield DV-II+Pro	1	150000	10	15000,0	1233
Центрифуга ОПН-0539	1	84960	10	8496,0	714,7
Итого					5021,7

Таблица 31 – Затраты на электроэнергию для аналога

Наименование оборудования	Потребление мощности, кВт	Время работы, ч	Оплата, руб.
Роторный испаритель Heidolph Hei-VAP	1,4	720	4394,88
Верхнеприводная мешалка механическая RZR 2021	0,7	720	2197,44
Диспергатор IKA ULTRA TURRAX T18	0,10	720	313,92
Вязкозиметр Brookfield DV-II+Pro	0,3	720	941,76
Электроплита	1,00	720	3139,2
Центрифуга ОПН-0539	0,8	20	69,76
Итого			11056,96

Таблица 32 – Себестоимость аналога Аквол

Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), руб.	Амортизационные отчисления за период использования, руб.	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления на социальные нужды, руб.	Накладные расходы, руб.	Электроэнергия, руб.	Итоговая плановая себестоимость, руб.
22326,33	11056,96	76009,8	7600,98	22658,3	66888,624	11056,96	
		14392,2	1439,22	4290,3	12665,146		<b>250374,82</b>

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{235715,11}{250374,82} = 0,94.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше 1), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше 1, но больше 0).

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

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

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 33.

Таблица 33 – Сравнительная оценка вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог
Физико-химические свойства НПС	0,10	5	4
Вязкость ВМЭ	0,20	4	5
Температура замерзания ВМЭ	0,15	5	4
Стабильность ВМЭ	0,20	5	4

$$I_{mn} = 0,1 * 5 + 0,2 * 4 + 0,15 * 5 + 0,20 * 5 = 2,9,$$

$$\text{Аналог} = 0,1 * 4 + 0,2 * 5 + 0,15 * 4 + 0,20 * 4 = 2,8,$$

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



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

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

Сравнительная эффективность проекта:

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

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

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

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

Таблица 34 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Аналог	Разработка
Интегральный финансовый показатель разработки	1,00	0,94
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	2,8	2,9
Интегральный показатель эффективности	2,8	3,08
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,1	

Данная разработка эффективна по сравнению с аналогами.

*Выводы:* В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были исследованы потенциальные потребители результатов научного исследования. Проведен анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Построена диаграмма Исикава, в которой показаны угрозы для данного проекта.

Проведена оценка готовности научного проекта к коммерциализации. Определено, что данный проект соответствует выше средней перспективности по значению  $B_{\text{сум}}$ .

Определены ключевые события научно-исследовательского проекта, показаны их даты и результаты.

Разработан календарный план-график проведения научного исследования. Время работы над проектом – сентябрь 2016 – июнь 2018.

Рассчитан бюджет научного исследования (235715,11 руб.), а также построена проектная организационная структура научно-исследовательского проекта.

Заключительным этапом является оценки сравнительной характеристики исследования.

## Список публикаций

1. Филиппова М.Ю. Нефтеполимерные смолы как стабилизатор водомасляной эмульсии / М. Ю. Филиппова [и др.] ; науч. рук. А. А. Мананкова // Химия и химическая технология в XXI веке : материалы XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, посвященной 120-летию Томского политехнического университета, 17–20 мая 2016 г., г. Томск. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — С. 571-572.

2. Филиппова М.Ю. Нефтеполимерные смолы как стабилизатор водомасляной эмульсии / М. Ю. Филиппова, В. А. Якимова, Д. В. Фисенко ; науч. рук. Л. И. Бондалетова // Химия и химическая технология в XXI веке : материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л.П. Кулёва, 29 мая-1 июня 2017 г., г. Томск. — Томск : Изд-во ТПУ, 2017. — С. 497-498.

3. Филиппова М.Ю. Олигомеризация дициклопентадиенсодержащих фракций жидких продуктов пиролиза / М. Ю. Филиппова, В. А. Якимова, Д. В. Бестужева ; науч. рук. А. А. Мананкова // Химия и химическая технология в XXI веке : материалы XVI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Л.П. Кулёва, Томск, 25-29 мая 2015 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2015. — Т. 2. — С. 313-315.

4. Филиппова М.Ю. Поведение водомасляных эмульсий при пониженных температурах / Д. В. Фисенко [и др.]; науч. рук. В. Г. Бондалетов, А. А. Мананкова // Творчество юных - шаг в успешное будущее : Арктика и её освоение : материалы IX Всероссийской научной молодежной конференции с международным участием с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина, г. Томск, 10-14 октября 2016 г. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — [С. 545-546].

5. M.Y. Filippova. Oxidative modification of petroleum resins and reception of emulsions with industrial oils [Electronic resource] / D. V. Fisenko [et al.] // Petroleum and Coal. — 2016. — Vol. 58, iss. 5.

6. Филиппова М.Ю. Получение модифицированных нефтеполимерных смол и применение их в составе водомасляных эмульсий / М. Ю. Филиппова, В. А. Якимова; науч. рук. Л.И. Бондалетова // Химия и химическая технология в XXI веке : материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых Л.П. Кулёва, Томск, 21-24 мая 2018 г. — Томск : Изд-во ТПУ, 2018. — Т. 1. — С. 552-553.

7. Филиппова М.Ю. Использование водомасляных эмульсий с применением модифицированных нефтеполимерных смол / М. Ю. Филиппова, В. А. Якимова; науч. рук. Л.И. Бондалетова // XXII Международный научный симпозиум студентов и молодых ученых имени академика М. А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр», Томск, 2-7 апреля 2018 г. — Томск : Изд-во ТПУ, 2018.