

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



Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки: 18.04.01 «Химическая технология»  
Отделение химической инженерии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

<b>Тема работы</b>
<b>Модификация атактического полипропилена</b>

УДК 678.742.3-048.25

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ6А	Котомкин Роман Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения химической инженерии	Ротарь О.В.	к.х.н. старший научный сотрудник		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель отделения химической инженерии	Короткова Е.И.	д.х.н., профессор		

Томск – 2018 г.

## Запланированные результаты обучения по программе

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

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



Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки 18.04.01 Химическая технология  
Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель основной  
образовательной программы

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Бондалетова Л.И.  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ДМ6А	Котомкин Роман Александрович

Тема работы:

<b>Модификация атактического полипропилена</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 9666/с от 08.12.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:

05.06.18

**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 align="center">Объект исследования – атактический полипропилен</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          Результаты проведенных исследований и их обсуждение          Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение          Социальная ответственность          Заключение по работе</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация</p>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Обзор литературы, Методы исследования, Результаты исследования	доцент, к.х.н., старший научный сотрудник. Ротарь О.В.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.т.н., доцент Криницына З.В.
Социальная ответственность	к.х.н., доцент Король И.С.
Обзор литературы на иностранном языке	ст. преподаватель Рыманова И.Е.

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

На русском: Реакции полимеров
На английском: Reactions of polymers

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	10.09.2016
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент отделения химической инженерии	Ротарь О.В.	К.Х.Н., С.Н.С		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ6А	Котомкин Роман Александрович		

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

Студенту:

Группа 2ДМ6А	ФИО Котомкин Роман Александрович
-----------------	-------------------------------------

Инженерная школа природных ресурсов	Отделение химической инженерии		
Уровень образования Магистр	Направление	18.04.01 Химическая технология	

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

<b>1.</b> <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оценить стоимости материально-технических ресурсов для проведения модификации атактического полипропилена</i>
--	--

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценить коммерческий и инновационный потенциал технологии получения модифицированного вещества с более усовершенствованными свойствами</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Календарное планирование работ, построение диаграммы Гантта, оценка рисков, связанных с выполнением проекта</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>определить ресурсную, финансовую и экономическую эффективность проекта</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>18.03.2018</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
к.т.н., доцент социально гуманитарных наук	Креницына Зоя Васильевна	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ6А	Котомкин Роман Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ДМ6А	Котомкин Роман Александрович

<b>Инженерная школа природных ресурсов</b>		<b>Отделение химической инженерии</b>	
<b>Уровень образования</b>	Магистр	<b>Направление/специальность</b>	18.04.01 Химическая технология

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

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><b>Объект исследования</b> – атактический полипропилен.  <b>Методика</b> – исследование физико-химических параметров связующих материалов.  <b>Рабочая зона</b> – лаборатория НИ ТПУ.  <b>Область применения</b> – химическая промышленность.</p>
---	--

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p>	<p>1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.  1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.  1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность</b></p>	<p>2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.  2.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.  2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b></p>	<p>3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.  3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований.  3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.</p>

<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	4.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства. 4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.
---	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	18.03.2018
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент отделения контроля и диагностики ИШНКБ	Король И.С.	к.х.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДМ6А	Котомкин Роман Александрович		

## РЕФЕРАТ

Диссертация изложена на 122 страницах, включает 34 таблицы, 9 иллюстраций, состоит из введения, 5 глав, выводов, списка использованных источников из 41 наименования и два приложения.

Ключевые слова: карбонильное число, атактический полипропилен, окисление, размягчение, вискозиметрия, модификация, полиолефины, деструкция.

Объектом исследования является атактический полипропилен.

Цель работы – химическая модификация АПП путем его окисления.

В процессе исследования были наработаны лабораторные образцы полимера и изучены их свойства.

В результате экспериментов получали продукт с различными эксплуатационными характеристиками.

Область применения: химическая промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: повысить физико-химические свойства атактического полипропилена, тем самым, превратив данный полимер из отходов в один из востребованных видов сырья. Технологическое оборудование для проведения модификации может быть использовано в самом простейшем варианте.



## **Нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.4.021 – 75. Системы вентиляционные. Общие требования.
2. ГОСТ 12.1.012 –90. ССБТ Вибрационная болезнь. Общие требования.
3. ГОСТ 12.1.003 - 88. Шум. Общие требования безопасности.
4. ГОСТ 12.1.012 – 98. Вибрация. Общие требования безопасности.
5. ГОСТ 12.1.029 – 80. Средства и методы защиты от шума
6. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
7. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
8. ГОСТ 12.4.009-83. Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.

## Сокращения

АПП – атактический полипропилен

ОАПП – окисленный атактический полипропилен

ПП – полипропилен

ИПП – изотактический полипропилен

ПЭНД – полиэтилен низкого давления

ПВС - поливиниловый спирт

ПВХ – поливинилхлорид

ПС – полистирол

ФАВ - физиологически активное вещество

## Содержание

Введение .....	13
1. Литературный обзор .....	16
1.1 Реакции полимеров.....	16
1.1.1 Химические реакции полимеров без изменения степени полимеризации .....	16
1.1.2 Химические реакции с увеличением степени полимеризации .....	21
1.1.3 Реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации.....	22
1.1.4 Реакции радикальной деполимеризации .....	23
1.2 Окисление полимеров .....	26
1.2.1 Схемы образования различных продуктов окисления .....	27
2. Объект и методы исследования .....	33
2.1 Методика окисления атактического полипропилена.....	33
2.2 Методика определения карбонильного числа .....	33
2.3 Обработка результатов.....	35
2.3.1 Массовая доля карбонильного соединения.....	35
2.3.2. Карбонильное число .....	35
2.4. Определение температуры размягчения и плавления полимеров.....	36
2.5 Расчет скорости подачи кислорода.....	36
2.6 Определение молекулярной массы вискозиметрическим методом .....	37
3. Результаты проведенных исследований и их обсуждение .....	41
3.1 Окисление АПП .....	41
3.2 Выводы.....	50
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 51	
4.1. Предпроектный анализ.....	51
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	51
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	52
4.1.3 Диаграмма Исикавы.....	53
4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	54
4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования .....	56
4.1.6 Инициация проекта.....	57
4.1.7 Цели и результат проекта.....	57

4.1.8	Организационная структура проекта.....	58
4.1.9	Ограничения и допущения проекта .....	59
4.1.10	Планирование управления научно-техническим проектом .....	60
4.1.11	План проекта .....	60
4.1.12	Бюджет научного исследования.....	62
4.1.13	Организационная структура проекта.....	69
4.1.14	Матрица ответственности .....	71
4.1.15	План управления коммуникациями проекта.....	71
4.1.16	Реестр рисков проекта .....	72
4.1.17	План управления контрактами и поставками .....	73
4.2	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..	74
4.2.1	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	74
5.	Социальная ответственность .....	79
5.1	Производственная безопасность .....	79
5.1.1	Анализ вредных факторов производственной среды.....	79
5.1.2	Анализ опасных факторов производственной среды.....	89
5.2	Экологическая безопасность .....	90
5.2.1	Воздействие на атмосферу .....	90
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	91
5.3.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.....	91
5.4.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	92
5.4.1.	Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	92

Список публикаций

Список использованных источников

Заключение

Приложение А

Приложение Б

## **Введение**

Первое промышленное предприятие по производству полипропилена было построено в 1977 г. в г. Гурьеве в Казахстане. Полипропилен (ПП) широко используют во всем мире, что увеличивает объемы производства, делая его одним из самых основных крупнотоннажных полимеров. В России масштабы выпуска полипропилена за последнее время резко увеличились, зато внутренние потребности рынка оставляют желать лучшего, так как они не обеспечены даже на половину. Главным образом миру требуется полипропилен с литьевыми марками, обладающими специфическими свойствами, такими как высокая ударная прочность, термостойкостью и жесткостью. Следовательно, будет увеличиваться интерес к композиционным материалам на основе ПП, так как уже видно его тенденцию к развитию. За последние десятилетия в мире наблюдается устойчивый рост потребления ПП. В настоящее время данный полимер занимает третье в мире место по объемам потребления после полиэтилена и поливинилхлорида. В целом среднечеловеческое потребление полимеров в Европе составляет 79,5 кг/чел, в России это количество составляет практически в два раза меньше - 31,5 кг/чел. в год. Следовательно, спрос на ПП будет возрастать и дальше.

Полипропилен широко используется, это объясняется такими причинами, как легкость его переработки практически всеми существующими способами (литье под давлением, выдув, экструзия и тд.), обладание весьма специфическими свойствами (прочность, легкость, устойчивость к высоким температурам). В данное время ПП является универсальным материалом, который используется для изготовления изделий для медицины, быта и промышленности.

В России за последние годы наблюдается увеличение спроса на полипропилен. С 2000 г. до 2016 г. потребление данного полимера выросло, за последние 16 лет примерно в 4 раза- с 200 тысяч тонн в 2000 г. до 1200

тысяч тонн. Так, как в Российской Федерации узкий марочный ассортимент полипропилена, следовательно, большое количество полипропилена ввозят из-за границы: составляет порядка 25% от потребления, около 200 тысяч тонн [8].

Российский рынок полипропилена в мировых масштабах, это всего лишь, малая доля. На текущий год производство составляет около 1,1 % от мирового, потребление – 1,6%. По данным ИД «Эксперт», даже проект «Сибура» - «Тобольск-Полимер» с мощностью 500 тыс. тонн в год не войдет в число крупнейших мировых предприятий, чьи мощности исчисляются миллионами тонн. Совокупные мощности «Сибура» по производству полипропилена составят 745 тыс. тонн.

Чтобы избежать глобального дефицита полипропилена в разных странах мира ищут альтернативный способы его получения, а не только с помощью крекинга нефти. На сегодняшний день это способы: синтез из других олефинов, синтез из метанола и дегидрирование пропана. Именно из пропана получают полипропилен на заводе «Тобольск – Полимер». На предприятии используются технологии UOP (дегидрирование пропана) и INEOS (полимеризация пропилена). В ближайшие 5 лет, кроме них на мировом рынке появится новый ряд предприятий, которые будут работать по технологии дегидрирования пропана.

Неизбежно при получении полипропилена, независимо от способа получения образуется атактический полипропилен, являющийся отходом производства. Следовательно, превращение АПП в сырье для получения новых продуктов является актуальной проблемой.

Производство полипропилена по годам (тыс. тонн):

2002 - производство - 261, потребление - 266, доля экспорта в производстве - 10%, доля импорта в потреблении - 12%;

2006 - 305/450/12%/41% 2010 - 627/744/11%/25% За 11 мес 2011 - данные здесь. Производственные мощности - 1990 - 90 тыс.т, 2005 - 300 тыс.

т, 2010 - 630 тыс. т. В 2011 запущен завод в Омске, мощность 180 тыс. тонн в год [7].

Построен гигант в Тобольске на 500 тысяч тонн. Ввод в эксплуатацию - 2013.

Нижнекамскнефтехим (группа ТАИФ) с 2013 года производит 209 тысяч тонн полимера. В 2012 году – произведено 211 тысяч тонн полимера.

Уфаогрсинтез за 2013 год произвел 155 тыс. тонн ПП. 2012 год – 124 тыс. тонн (снижение было вызвано перебоями в поставках пропан-пропиленовой фракции).

В данное время мощность производства полипропилена составляет примерно 1200 тысяч тонн в год. Учитывая, что в среднем, у отечественных производителей полипропилена образуется 2-3% атактического полипропилена, это примерно составляет около 30 тысяч тонн. На данный момент лишь «Томскнефтехим» способен поставлять производителям битумных материалов атактический полипропилен. Таким образом, модификация АПП может решить не только проблему утилизации, но и расширить ассортимент новых материалов.

Задачей данной магистерской диссертацией является модификация АПП окислением АПП в растворе, а также изучение конечных свойств полученного продукта.

Объект исследования: АПП, полученный на катализаторе Циглера – Натта суспензионной полимеризацией в гептане.

Методы исследования: для определения свойств АПП используются титриметрические методы, а также ИК-спектроскопия.

Практическая значимость: проведенные экспериментальные исследования позволят провести выбор оптимальной системы в процессах окисления различных образцов АПП.

## 1. Литературный обзор

### *1.1 Реакции полимеров*

Главной задачей химии высокомолекулярных соединений является создание полимерных материалов с широчайшим спектром химических и физико-механических свойств. Среди методов изменения свойств основных (базовых) полимеров важнейшим является модификация полимеров.

Под модификацией полимеров следует понимать целенаправленное изменение их свойств путем проведения химических реакций по функциональным группам, имеющимся в составе полимера, или изменением его надмолекулярной структуры. Таким образом, можно изменить свойства полимеры; расширить области применения; получить новые полимеры, классы полимеров, которые невозможно или сложно получить обычной полимеризацией или поликонденсацией.

Основными разновидностями химических превращений полимеров являются [11]:

- 1) реакции, которые протекают без изменения степени полимеризации (внутримолекулярные и полимераналогичные превращения);
- 2) реакции, которые приводят к увеличению степени полимеризации (сшивание и отверждение полимеров, получение блок- и привитых сополимеров);
- 3) реакции, которые приводят к уменьшению степени полимеризации (деструкция полимеров).

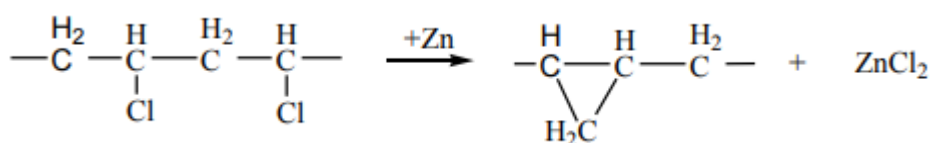
#### *1.1.1 Химические реакции полимеров без изменения степени полимеризации*

##### *Внутримолекулярные реакции*

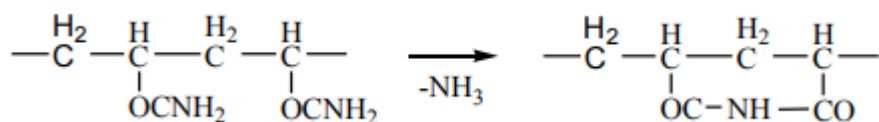


Внутримолекулярные реакции – это реакции функциональных групп или атомов одной макромолекулы, приводящие к изменению строения макромолекул [2]. Для осуществления внутримолекулярных реакций необходимо воздействием физических факторов (тепла, света, излучений высокой энергии), а также химических реагентов, которые не входят в состав полимера.

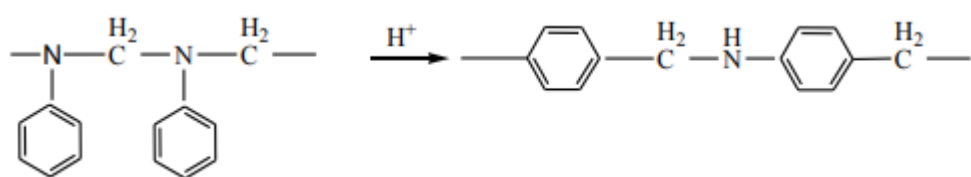
Циклизация внутри молекулы возможна под действием на полимер низкомолекулярного вещества: при нагреве ПВХ в присутствии цинка образуются трехчленные циклы:



Внутримолекулярная циклизация может протекать как побочная реакция при полимеризации. Так, при полимеризации акриламида при высокой температуре и низких значениях рН идет имидизация с выделением аммиака[22]:



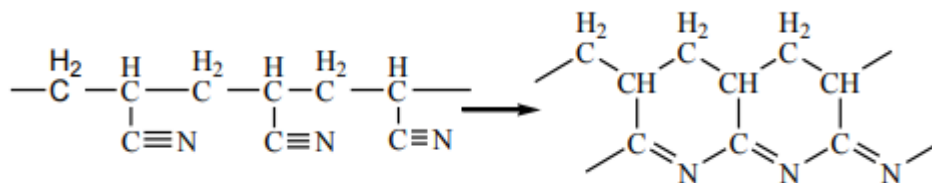
Примером перегруппировки в основных цепях является превращение полиангидроформальдегиданилина в поли- n-бензиламин:



Полимеры, содержащие ненасыщенные связи в основной цепи и в боковых группах, характеризуются изомерными превращениями. Из-за изомерных превращений элементный состав полимера не меняется. При этом возможно несколько типов реакций [36].

### 1. Циклизация.

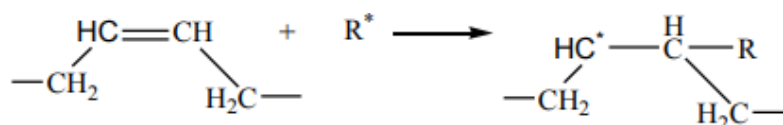
Циклизация за счет ненасыщенных связей в боковых группах возможна для полиакрилонитрила (ПАН), если проводить его нагрев при 200-270 °С в отсутствие воздуха:



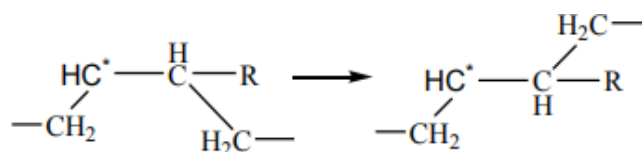
### 2. Цис-транс-изомеризация.

Наблюдается при облучении растворов каучуков Ультрафиолетовым- или гамма излучением и при нагревании, когда присутствует сенсбилизатор (вещества, образующие свободные радикалы при действии света). Изомеризация идет в три этапа по схеме [9]:

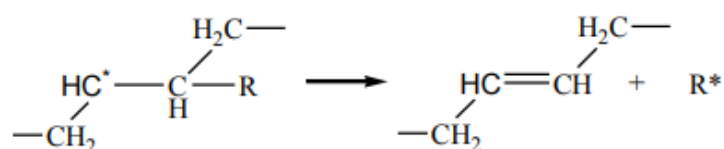
а) присоединяется радикал R\* и разрывается двойная связь с образованием радикала цисизомера:



б) конформационное превращение радикала цис-изомера в радикал транс-изомера:



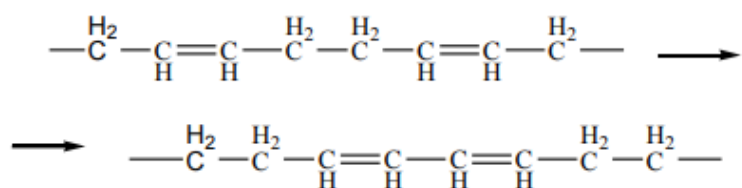
в) отщепление радикала от радикала транс-изомера с образованием непредельного транс-изомера:



### 3. Миграция двойных связей вдоль основной цепи.

Протекающая при взаимодействии катализатора ионного типа с ненасыщенным полимером. Пример – взаимодействие полибутадиена (ПБ) с

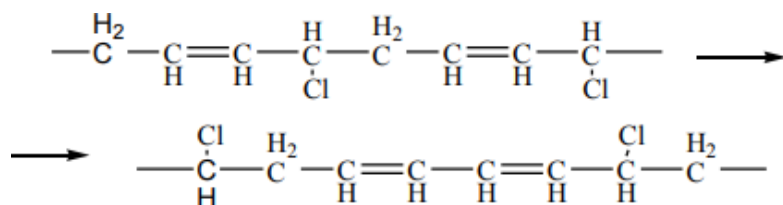
комплексами солей Co или Ni и алюминийорганических соединений, что может реализоваться при стереорегулярной полимеризации:



Реакция может реализоваться при стереорегулярной полимеризации бутадиена и изопрена, а также в каучуке при эксплуатации изделий, когда реакционная масса плохо очищена катализаторов [22].

4. *Образование сопряженных ненасыщенных связей в основной цепи.*

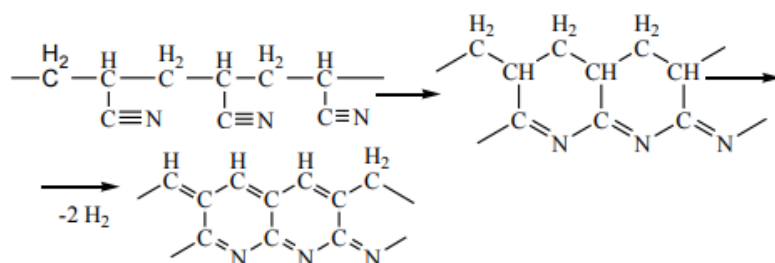
Происходит путем отщепления низкомолекулярных соединений от полимеров под действием тепла, излучений высокой энергии, света, в присутствии оснований и кислот. Например, под действием на ПВХ алкоголятов щелочных металлов (NaOR) получается поливинилен:



Аналогично получение поливинилена и из ПВС.

5. *Сложные изомерные превращения.*

Циклизация протекает при термической обработке ПАН изначально (при 200-270 °С), затем идет дегидрирование с образованием полимера лестничного типа (при 400-500 °С):



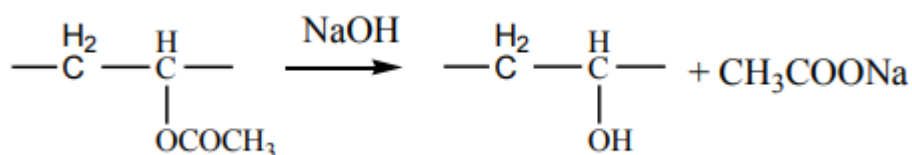
*Полимераналогичные превращения* – это химические реакции макромолекул с низкомолекулярными соединениями, которые не изменяют

длины и строения основной цепи, но изменяют природу функциональных групп.

Основными назначениями полимераналогичных превращений являются следующие:

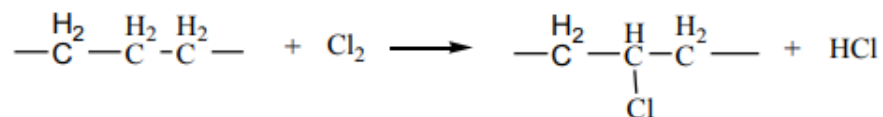
1. Получение полимеров, которые невозможно синтезировать из мономеров, неизвестных или трудно синтезируемых, не способных полимеризоваться или плохо полимеризующихся.

Так поливиниловый спирт получают гидролизом поливинилацетата



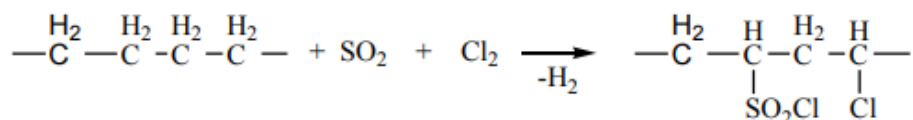
2. Получение полимеров с новыми свойствами. Реакции полимераналогичных превращений используются для получения простых и сложных эфиров целлюлозы, ПВС, хлорированных ПЭ и ПВХ [11].

Введением новых функциональных групп в макромолекулы получают хлорированный полиэтилен :

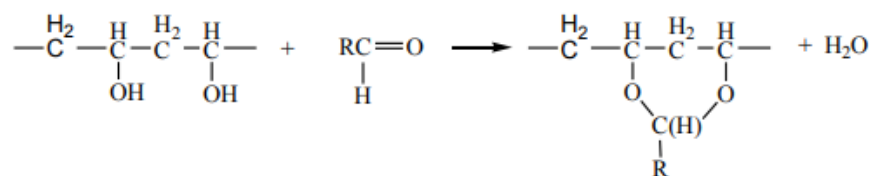


При содержании хлора 25-40 % полимер приобретает свойства каучуков.

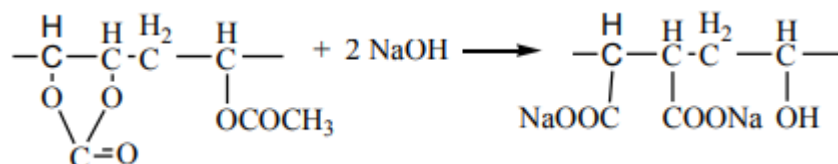
Хлорсульфирование ПЭ смесью оксида серы (IV) и хлора также позволяет получать каучукоподобный материал:



Для получения новых полимеров – поливинилацеталей – проводят ацеталирование ПВС одной молекулой альдегида.



Щелочной гидролиз сополимера винилацетата и малеинового ангидрида приводит к получению сополимера винилового спирта и малеината натрия:



### 1.1.2 Химические реакции с увеличением степени полимеризации

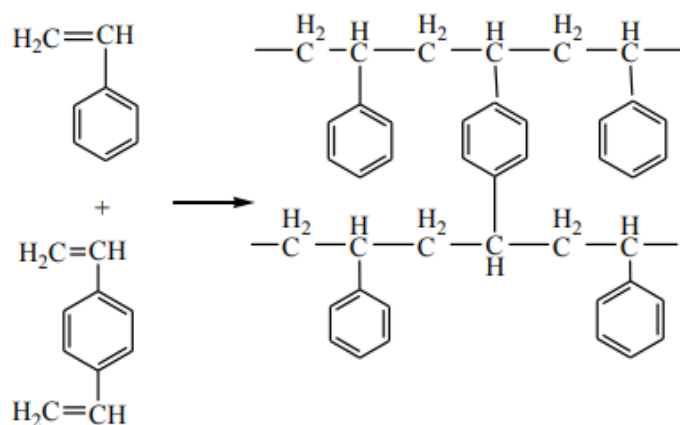
Реакции сшивания приводят к увеличению молекулярной массы полимера за счет образования между макромолекулами поперечных связей, которые могут иметь ионную, ионно-координационную, ковалентную природу, и возникать из-за водородных (H) связей. Химическим сшиванием называется сшивка ковалентными связями, являющаяся необратимым процессом. Физическое связывание – это сшивка ионно-координационными связями и ионными, а также за счет H-связей, являющаяся обратимым процессом (водородные связи лабильны, т. е. при определенных условиях устойчивы).

#### *Химическое сшивание*

Два направления, по которому идут реакции сшивания [17]:

- 1) самопроизвольно в результате побочных реакций при полимераналогичных превращениях или во время синтеза полимеров;
- 2) в следствии специально направленных реакций (в том числе при синтезе полимеров).

Сшивание при полимеризации, например сополимеризация дивинилбензола со стиролом :



В следствии, получается сшитый сополимер, использующийся, как основа при получении ионообменных смол - катионитов и анионитов.

### ***1.1.3 Реакции, приводящие к уменьшению степени полимеризации***

Термодеструкция в инертной атмосфере или в вакууме определяет предельную стабильность полимера [3], и определяется прочностью химических связей в макромолекулах (табл.1). Приведенные значения энергии диссоциации связей свидетельствуют: разрыв цепей у карбоцепных полимеров происходит по С–С - связям и более легко распадаются полимеры, имеющие боковые разветвления в макромолекулах, С–С связи с четвертичными атомами углерода распадаются легче, чем с третичными. Связь С–С, находящаяся в β-положении по отношению к двойной связи С=С, всегда ослаблена и легко диссоциирует [5].

Химическое строение обуславливает в полимерах различные изменения. Полная деполимеризация приводит к получению мономера. При длительном нагревании происходит случайный разрыв связей и образование устойчивых молекул пониженной молекулярной массы. Отщепление низкомолекулярных продуктов за счет реакций боковых групп не влияет практически на исходную молекулярную массу.

При высокой температуре термодеструкция включает в себя реакции в твердом теле или очень вязкой жидкости и контролируется диффузией.

Таблица 1 – Энергия диссоциации химических связей

Энергия диссоциации химических связей при 25 °С [6]

Связь	Энергия диссоциации, кДж/моль	Связь	Энергия диссоциации, кДж/моль
H–H	432	–C(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> )–C– (разрыв C <sub>ал.</sub> –C <sub>ар.</sub> )	381
H–C (у вторич. C в пропане)	372	C–C–C=C	231
H–O	419	C=C	425
H–F	562	C–F	436
H–Cl	428	C–Cl	293
C–C–C	374	C–O	314
–C(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> )–C– (разрыв C <sub>ал.</sub> –C <sub>ал.</sub> )	263	C–N	224
		C=O	727

#### 1.1.4 Реакции радикальной деполимеризации

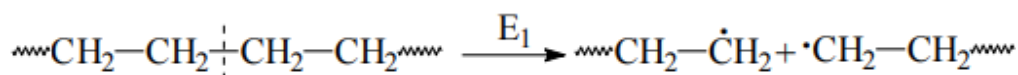
Деполимеризация характеризуется разрывом скелета основной полимерной цепи с последовательным отрывом мономеров от конца цепи, т. е. это реакция, обратная росту цепи при полимеризации [4]. Деполимеризация представляет собой неразветвленную радикально-цепную реакцию, и разложение идет в нужном промежутке температур инициируется разрывом цепи в произвольном месте с появлением свободных радикалов.

Эти радикалы вступают в реакцию распада, обратную реакции роста цепи в процессе полимеризации. Реакции распада протекают преимущественно по β-углеродной связи. Кроме того, на этой стадии протекают реакции изомеризации макрорадикалов, связанные с миграцией реакционного центра, а также превращения, обусловленные передачей реакционного центра новой молекуле с отбором водорода.

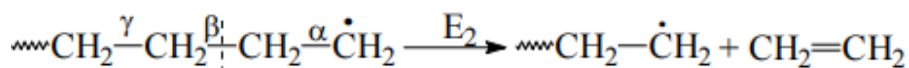
Обрыв цепи может происходить в результате рекомбинации или в тех случаях, когда процесс разрыва достигает конца полимерной цепи и образующийся малый остаточный радикал переходит в газовую фазу. Обрыв цепи в процессе радикальной деполимеризации происходит (по крайней мере, частично) в результате реакции диспропорционирования.

Основные стадии термического распада, протекающего по радикально-цепному механизму, можно изобразить схематически.

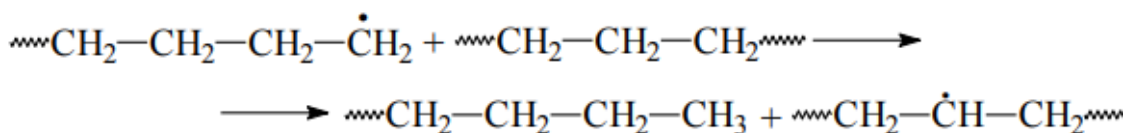
I стадия – инициирование:



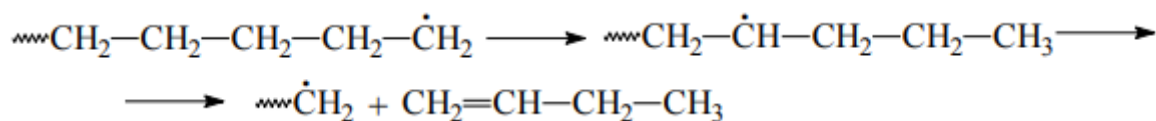
II стадия – реакция распада, обратная реакции роста цепи:



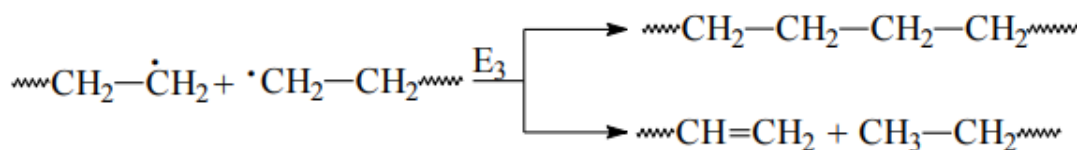
На стадии развития цепи кроме реакций распада протекают также реакции передачи цепи молекуле полимера:



а также внутримолекулярная изомеризация, связанная с переносом реакционного центра без изменения углеродного скелета с последующим разрывом:



III стадия – обрыв цепи по реакциям рекомбинации или диспропорционирования:



причем  $E_1 > E_2 > E_3 \approx 0$ .

При распаде карбоцепных полимеров свободные радикалы R на стадии развития цепи являются углерод-центрированными (C-центрированными) [38].

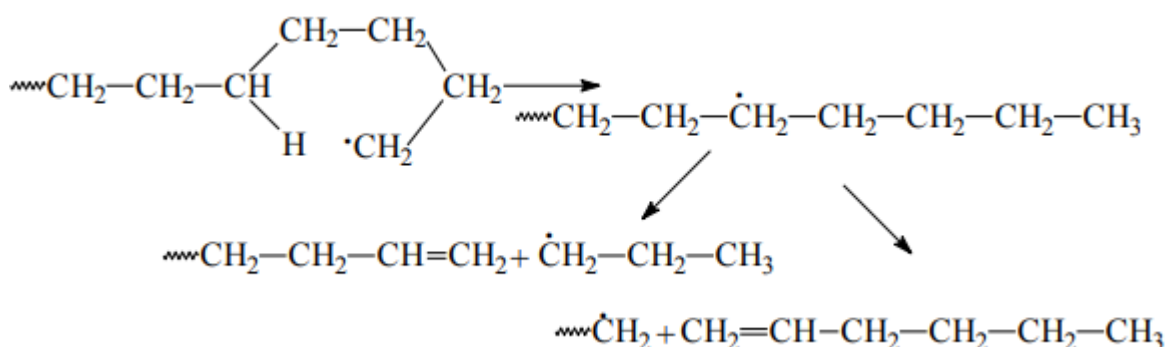
Интересная закономерность связывает характер продуктов деструкции с теплотой полимеризации данных соединений: при термической деструкции полимеров, содержащих четвертичные атомы углерода в цепи и имеющих низкие теплоты полимеризации, образуется в основном мономер;



если же полимер содержит в цепях вторичные и третичные атомы углерода и имеет высокое значение теплоты полимеризации, то при термической деструкции мономер почти не образуется, а процесс заканчивается образованием устойчивых макромолекул пониженной молекулярной массы. При значении теплоты полимеризации ниже 60 кДж/моль полимер распадается в основном до мономера [5].

Деструкция полиэтилена протекает с образованием летучих продуктов и включает большое число углеводородов, содержащих от 1 до 70 атомов углерода. Образование углеводородов сопровождается уменьшением молекулярной массы.

Процесс, обратный росту цепи, не играет существенной роли, поскольку мономер образуется в незначительных количествах. В это же время вследствие процессов внутримолекулярного переноса (изомеризации) выделяется значительное количество моноолефинов, таких как пропилен и гексен-1. Последний факт свидетельствует о взаимодействии радикала с атомом водорода, находящимся у пятого углеродного атома; эта реакция предпочтительна из геометрических соображений, поскольку переходное состояние представляет собой шестичленный цикл [4, 5]:



Деполимеризация может намеренно применяться для утилизации отходов термопластов в целях получения мономеров и возвращения их в цикл синтеза полимеров.

|

## *1.2 Окисление полимеров*

Окисление – это реакция полимера с кислородом при температурах, когда термодеструкция пренебрежимо мала. Практическое значение процессов окисления в промышленности основного органического синтеза чрезвычайно велико. Это обусловлено следующим:

1. В результате указанных реакций получают кислородсодержащие вещества (кислоты, ангидриды, кетоны и др), являющиеся полупродуктами в производстве полимеров, мономеров и др.

2. Широкое разнообразие реакций окисления, к которым способны многие органические вещества, в том числе углеводороды, полимеры, приводящие к получению ценных веществ, в том числе лекарственных.

3. Доступность и многообразие окислителей, в первую очередь кислорода воздуха, что значительно удешевляет полученные продукты.

Полимеры, как органические вещества, способны к окислению.

Окисление полимеров является сложным цепным процессом, сопровождающимся образованием стабильных промежуточных продуктов. Согласно теории Н. Н. Семенова разветвление цепей при окислении углеводородов происходит с участием радикалов, образующихся в результате реакций промежуточных продуктов и дающих начало новым цепям. Реакции с вырожденным разветвлением протекают с автоускорением. Величина его определяется скоростью реагирования промежуточных продуктов, которая в процессах низкотемпературного окисления является небольшой. Строение продуктов окисления углеводородов зависит от природы окислителя и условий проведения реакций [27].

Термическая стойкость полиолефинов определяется энергией химических связей. Энергия связи C – C, C-H составляет около 350 - 370 кДж/моль, энергия межмолекулярного взаимодействия - 4 – 8 кДж/моль. Но так как окисление связано с большой энергией активации, то на скорость реакции влияет температура, конфигурация и конформация макромолекул.

Линейный полиэтилен (ПЭНД – полиэтилен низкого давления разлагается при 414 °С, а полипропилена 387 °С). Это связано с тем, что энергия связи С – С уменьшается при переходе от первичного к третичному атому углерода. Кроме того, энергия связи атома водорода со вторичным атомом углерода более высокая, чем с третичным.

Скорость замещения водорода третичных атомов углерода при низких температурах намного выше скорости замещения водорода первичных и вторичных атомов углерода.

Важнейшими переменными при окислении парафиновых углеводородов для получения кислородсодержащих продуктов являются соотношение между углеводородом и воздухом или кислородом, температура, давление и продолжительность реакции.

Уравнением Семенова описывает зависимость скорости поглощения кислорода полимером от времени для цепных реакций с вырожденными разветвлениями:  $\Delta O_2 = A_j e^{kt}$  ,

где  $\Delta O_2$ —количество вступившего в реакцию кислорода;  $A_j$ — постоянные;  $t$ —продолжительность процесса. Гидроперекись является первичным продуктом окисления полипропилена и скорость окислительной деструкции является пропорциональной их концентрации. Процесс окисления полипропилена протекает по радикально цепному механизму и включает стадии инициирования, роста и обрыва кинетической цепи окислительных реакций. Окисление начинается с реакции инициирования: образование радикала происходит либо в результате разрыва связи С—С под действием коротковолнового излучения либо за счет прямого взаимодействия углеводорода с кислородом  $RH+O_2=R^\bullet+HO_2^\bullet$ . Инициирование происходит также за счет разложения гидроперекисей [23].

### ***1.2.1 Схемы образования различных продуктов окисления***

I. Распад гидроперекисей  $1. ROOH \rightarrow RO^\bullet + ^\bullet OH$

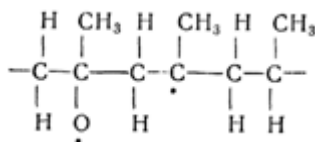
В цепи появляется одиночная группа  $2. ROOH + RH = RO^\bullet + R^\bullet + H_2O$

а) По связи C—H соседней цепи взаимодействие гидроперекиси.

Возникает одиночная группа  $\begin{array}{c} | \\ -C-O\cdot \\ | \end{array}$

б) По связи C—H той же цепи при взаимодействии гидроперекиси.

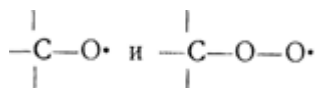
Появляется структура:



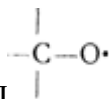
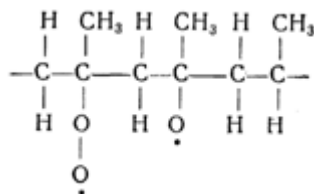
3.  $ROOH + ROOH = RO_2^\bullet + RO^\bullet + H_2O$

а) Соседних цепей друг с другом при взаимодействии гидроперекисей.

Образуются группы в макроцепях:



б) Соседних третичных атомов углерода одной цепи при взаимодействии гидроперекисей. Возникает структура:

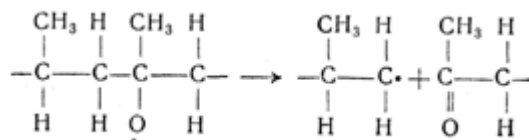


## II. Реакции групп

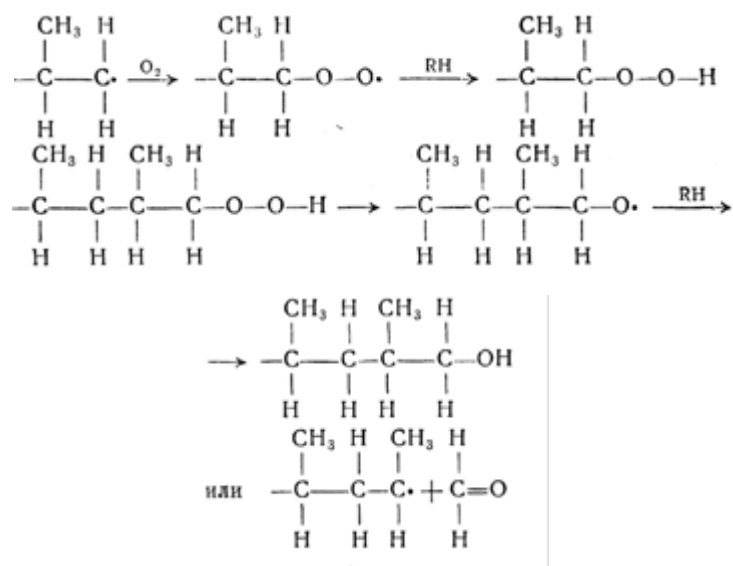
1. Реакции одиночной группы:

а) Вследствие отрыва водорода от соседней или своей цепи образуется гидроксильная группа.

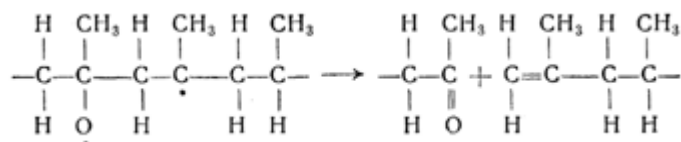
б) Схема разрыва макромолекулы:



Реакции окисления протекают в такой последовательности, таким образом:



2. Реакции групп  $-\text{C}-\text{O}$  в цепях со структурой I, 2б:



3. Группы  $-\text{C}-\text{O}\cdot$  в структурах, возникших по реакциям I, 3а и I, 3б, действуют как одиночные группы  $-\text{C}-\text{O}\cdot$ . И так, гидроксильные группы появляются в цепи по реакциям II, 1а и II, 1б. Группы  $\text{C}=\text{O}$  образуются по реакциям II, 1б и II, 2, двойные связи—по реакции II, 2, ацетальдегид и формальдегид—по реакциям II, 1б. Реакции II, 1б и II, 2 снижают молекулярный вес полипропилена.

Термоокислительная деструкция полимеров представляет собой одновременное действие тепла и кислорода. Скорость термоокислительного распада полимеров обычно выше скорости их чисто термического распада.



Рисунок 1- Кинетическая кривая окисления полимеров:

А — быстрое начальное окисление по активным группам в полимере;  
 Б — индукционный период (ингибированное окисление); В — автокатализ

— резкое увеличение скорости в цепном процессе; Г — стадия снижения скорости окисления

Окисление ускоряется также при освещении, причем после удаления источника света имеется так называемый «постэффект» действия света [24].



Рисунок 2- Влияние солнечного света на окисление полимеров при низких температурах: 1 — окисление в темноте; 2 — окисление на свету; 3 — окисление после удаления источника света (Л)

При повышении температуры индукционный период сокращается, а скорость окисления возрастает (рис.3).

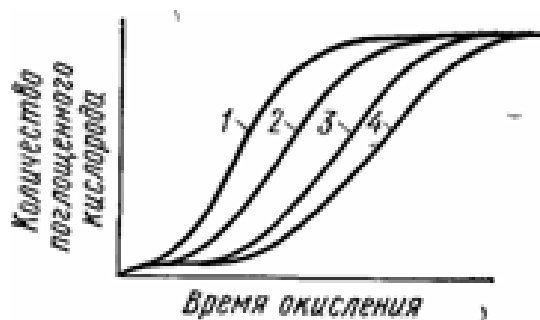


Рисунок 3- Кинетические кривые окисления полипропилена при 150°C (1), 140°C (2), 130°C (3) и 120°C (4)

Под действием света могут образовываться свободные радикалы, так же при механических напряжениях, и при излучениях высоких энергий; и тогда процесс окисления облегчается, так как полимерные радикалы легко реагируют с молекулярным кислородом. Данное взаимодействие приводит к образованию дополнительного количества радикалов, которые развивают

цепь окислительных реакций. В полистироле или полипропилене отрыв водорода от молекулярных цепей полимеров может происходить в тех участках их структуры, которые содержат ослабленные С—Н связи (например, СН<sub>2</sub>-группа в α-положении к двойной связи диеновых эластомеров, третичный водород).

Свободные радикалы обладают высокой активностью и вступают в реакции межмолекулярной и внутримолекулярной передачи цепи. В первом случае образуется новый свободный радикал и макромолекулы с ненасыщенными концевыми группами, во втором случае – свободный радикал и продукты с ненасыщенными концевыми группами.

Обрыв цепи происходит либо вследствие рекомбинации двух радикалов, либо в результате реакции диспропорционирования, причем образуются макромолекулы, содержащие двойную связь.

Образование радикалов и развитие цепи определяют только начальную стадию окисления полимеров, которая зависит от температуры, природы химической связи, наличия остатков катализаторов, структурного состава полимера. Среди полиолефинов АПП является наиболее реакционноспособным полимером, который легко поддается химической модификации. В процессе полимеризации в полимере образуются аномальные звенья, возникшие за счет реакции передачи цепи в радикальных процессах, конкурентного присоединения радикалов, реакции дегидратации, циклизации, циклополимеризации. В результате возникает дефект в сополимерной цепи в виде аномальных звеньев [16]:

- ненасыщенные концевые группы, которые способны окисляться и вступать в другие реакции;
- структуры типа «голова к голове»;
- разветвления за счет реакции передачи цепи;
- концевые группы, содержащие катализатор, инициатор.

Модифицирование путем окислительной деструкции позволяет расширить возможности использования АПП в качестве добавки в различных композиционных материалах.

Окисленный АПП хорошо совмещается с ПЭ и ПП, поэтому его можно применять в качестве эффективного пластификатора в композиционных материалах. Возможно использование ОАПП в производстве пленочных изделий в качестве пластифицирующей добавки до 5%.



## **2. Объект и методы исследования**

### ***2.1 Методика окисления атактического полипропилена***

В круглодонную колбу с обратным холодильником поместили 2 г. АПП растворенного в 30 мл. гептане, перед этим раствор облучали Уф-светом в течении 5 минут. Окисление АПП проводили кислородом воздуха. Для этого к колбе подсоединили шланг, через который, на протяжении всего синтеза, подавался воздух. Подача воздуха в колбу одновременно выполняет несколько функций: равномерно распределяет и диспергирует воздух в реакционной массе; перемешивает реакционную массу за счет архимедовой подъемной силы, поднимающей газожидкостную смесь с меньшей плотностью вверх колбы, и предохраняет ее от локальных перегревов у стенок колбы. Окисление проводилось на протяжении 1,5 часов при температуре примерно 130 °С . После смесь охладили, и начали процесс осаждения. Для этого в цилиндр наливают изопропиловый спирт в количестве 50 мл, а затем туда приливают полученный раствор. После осаждения полученный раствор фильтруют с помощью фильтровальной бумаги от остатков гептана и изопропилового спирта. Далее определили кислотное число и температуру размягчения и плавления ОАПП [3].

### ***2.2 Методика определения карбонильного числа***

ГОСТ 14618.2—78

Сущность метода:

В основе метода лежит образование оксимов при взаимодействии гидрохлорида гидросиламина с соединениями, в состав которых входят карбонильные группы.

По количеству гидроксиламина, вступившего в реакцию определяют карбонильные соединения.

Гидроксиламиновое число (карбонильное число) - количество миллиграммов гидроксида калия, которое эквивалентно гидроксиламину, необходимого для того чтобы оксимировать 1 г анализируемого вещества.

Гидроксиламина гидрохлорид по ГОСТ 5456—79, раствор концентрации с (NH<sub>2</sub>OH·HCl) = 0,5 моль/дм<sup>3</sup>;

Калия гидроокись по ГОСТ 24363—80, спиртовой раствор концентрации с (KOH) = 0,5 моль/дм<sup>3</sup> (0,5 н.).

Кислота серная по ГОСТ 4204—77; раствор концентрации с (Уг H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)=0,5 моль/дм<sup>3</sup> (0,5 н.).

Бромфеноловый синий (индикатор), раствор с массовой долей индикатора 0,1%; готовят по ГОСТ 4919.1—77.

#### Проведение анализа

Берут навеску 0,2-0,7 г. анализируемого вещества, взвешивание производят до четвертого десятичного знака, затем навеску помещают в колбу, наливают с помощью цилиндра 20 см<sup>3</sup> раствора гидрохлорида гидроксиламина (1,0 моль/дм<sup>3</sup> раствор в 85%-ном спирте) и добавляют 8-10 капель бромфенолового синего. В течении часа нагревают в колбе на кипящей водяной бане, соединив колбу с воздушным холодильником. В тоже время ставят контрольный опыт. Охлаждают, затем титруют избыток гидроксиламина-основания серной кислотой до одинаковой зелено-желтой окраски сначала в контрольном, а затем в рабочем опыте.

Далее определяют нормальность 0,1н раствора KOH, для этого титровали раствором KOH 0,1н HCl. Точку эквивалентности определяют визуально по индикатору фенолфталеину [12].

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

## **2.3 Обработка результатов**

### **2.3.1 Массовая доля карбонильного соединения**

По формуле, в процентах определяют массовую долю карбонильного соединения (X):

$$X = ((V - V_1) * M) / (m * 20)$$

где V — объем точно 0,5 моль/дм<sup>3</sup> раствора серной кислоты, израсходованный на титрование гидроксилamina-основания в контрольном опыте, см<sup>3</sup>;

V<sub>1</sub> — объем точно 0,5 моль/дм<sup>3</sup> раствора серной кислоты, израсходованный на титрование гидроксилamina-основания в рабочем опыте, см<sup>3</sup>;

M — молекулярная масса карбонильного соединения;

m — масса навески вещества, г.

### **2.3.2. Карбонильное число**

Карбонильное число (гидроксилaminовое число) (X) в мг КОН на 1 г продукта вычисляют по формуле:

$$X = ((V - V_1) * 28,05) / m$$

где V — объем точно 0,5 моль/дм<sup>3</sup> раствора серной кислоты, израсходованный на титрование гидроксилamina-основания в контрольном опыте, см<sup>3</sup>;

V<sub>1</sub> — объем точно 0,5 моль/дм<sup>3</sup> раствора серной кислоты, израсходованный на титрование гидроксилamina-основания в рабочем опыте, см<sup>3</sup>;

m — масса навески вещества, г.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми при доверительной вероятности  $P=0,95$  не должны превышать: 0,005 % абс [22].

#### ***2.4. Определение температуры размягчения и плавления полимеров***

Температура размягчения – это температура, при которой в процессе нагревания резко возрастает деформируемость образца. Температура размягчения – условная характеристика, определяющая теплостойкость полимерного тела, а также возможность технологической переработки полимерного материала.

Температуры плавления и размягчения определяли следующим образом – на прибор, состоящий из нагревательного блока, установленного на плитке, и термометра, контролирующего температуру, помещается небольшое количество полимера. Температура постепенно поднимается до тех пор, пока полимер не расплавится или не размягчится достаточно, чтобы он мог легко деформироваться [17].

#### ***2.5 Расчет скорости подачи кислорода***

Рассчитаем объем одного шара с воздухом

$$V = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 9^3}{3} = 3052 \text{ см}^3 = 3 \text{ л}$$

Объем кислорода  $V_{O_2} = 3 \cdot 0.21 = 1.92 \text{ л}$

За 1,5 часа было пропущено 5,76 л кислорода.

Рассчитаем расход кислорода

$$G = \frac{5.76 \cdot 10^{-3}}{5400} = 0.001 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}$$

Рассчитаем скорость прохождения воздуха через раствор

$$w = \frac{G}{S}$$

Где  $S$  – площадь поперечного сечения шланга

$$S = 0.7^2 \cdot 3.14 = 1.54 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

тогда

$$w = \frac{0,001 \cdot 10^{-3}}{1,54 \cdot 10^{-4}} = 0,0065 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

Кислотное число (КЧ):

$$\text{КЧ} = \frac{(0,05 - 0,04) \cdot 0,0056 \cdot 0,82 \cdot 1000}{0,1} = 4,592$$

Температуры размягчения и плавления:

$$t_{\text{разм}} = 88^\circ\text{C} \quad t_{\text{плав}} = 108^\circ\text{C}$$

Выход продукта реакции по формуле:  $\eta = \frac{m_{\text{пр}}}{m_{\text{т}}} \cdot 100\%$

$$\eta = \frac{0,642}{0,800} \cdot 100\% = 80,2\%$$

## ***2.6 Определение молекулярной массы вискозиметрическим методом***

Для измерения вязкости разбавленных растворов применяют капиллярные вискозиметры Оствальда и Уббелодде. В вискозиметр через стеклянный фильтр наливают 10 мл растворителя, к капиллярной трубке вискозиметра присоединяют резиновую грушу и трижды промывают капилляр и измерительный шарик, всасывая жидкость на 1 см выше верхней метки. После этого снова заполняют капилляр и измерительный шарик и фиксируют по секундомеру время истечения. Определив время истечения чистого растворителя  $t_0$ , начинают сливать растворитель через широкую трубку вискозиметра, выдавливая его из капилляра при помощи груши, а затем удаляют остатки растворителя водоструйным насосом,

присоединенным к указанной трубке. В сухой вискозиметр затем вносят градуированной пипеткой 10 мл раствора полимера определенной концентрации и снова устанавливают вискозиметр в термостат. После промывают капилляр и измерительный шарик указанным выше способом и измеряют не менее 5 раз время истечения раствора  $t_1$  [33].

Таким образом, подобрав концентрации раствора полимера ( $1,1 \ll 1,5$ ), измеряют время истечения растворов полимера ( $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$ ) пяти различных концентраций ( $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5$ ). Для раствора каждой концентрации проводят 5 измерений и определяют среднее значение. На основании данных строят зависимости  $[\eta]$  уд/С и  $\ln[\eta]_{отн}/C$  от концентрации раствора полимера (рис 4,5). Значение  $[\eta]$  получают экстраполяцией прямых к нулевой концентрации. Применяя эмпирическое уравнение Куна-Марка-Хувинка, определяется молекулярная масса ОАПП [19].

$$[\eta] = 2,7 \cdot 10^{-4} M_{\eta}^{0,71}$$

Таблица - 2 – Результаты для первых 5-ти концентраций

C, г/100мл	$t_{cp},$ с	$\eta_{отн}$	$\eta_{уд}$	$\eta_{уд}/C$	$\ln \eta_{отн}/C$
0,0	96,2				
0,2	108,7	1,13	0,13	0,65	0,61
0,4	122,8	1,28	0,28	0,7	0,625
0,6	136,5	1,42	0,42	0,7	0,585
0,8	152,4	1,58	0,58	0,72	0,575
1,0	168,7	1,75	0,75	0,75	0,56

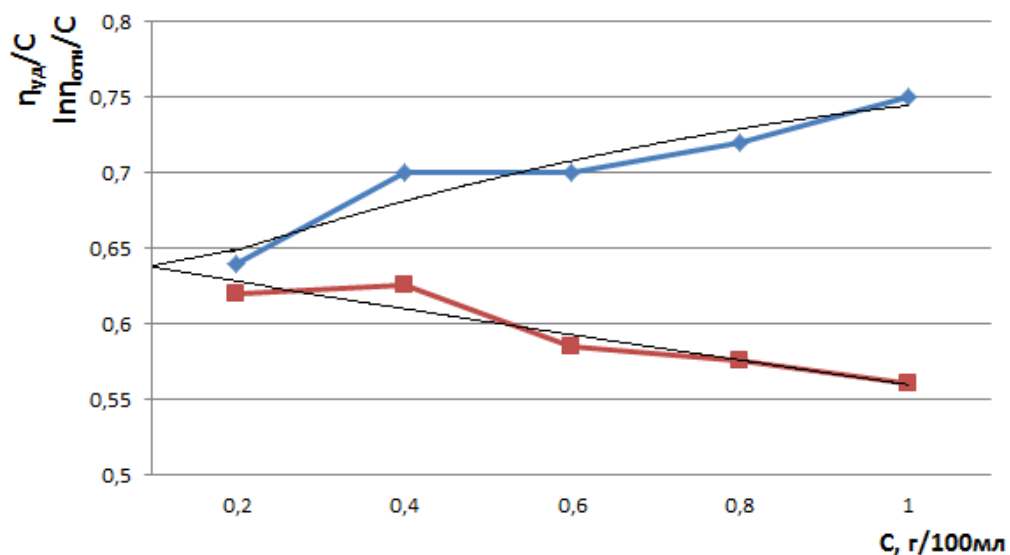


Рисунок 4 – отношение  $\eta_{уд}/C$  и  $\ln \eta_{отн}/C$  к  $C$

Таблица 3- Результаты для вторых 5-ти концентраций

$C$ , г/100мл	$t_{ср}$ , с	$\eta_{отн}$	$\eta_{уд}$	$\eta_{уд}/C$	$\ln \eta_{отн}/C$
0,0	96,2				
0,05	98,7	1,01	0,01	0,2	0,17
0,1	99,8	1,025	0,025	0,25	0,18
0,15	103,5	1,042	0,042	0,28	0,2
0,2	107,4	1,07	0,07	0,35	0,21
0,3	111,7	1,12	0,12	0,4	0,23

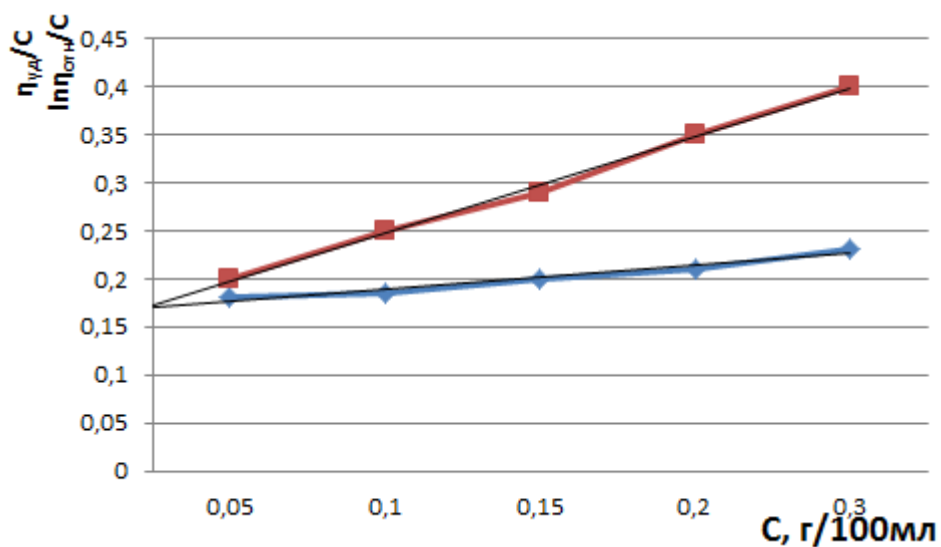


Рисунок 5 – отношение  $\eta_{уд}/C$  и  $\ln \eta_{отн}/C$  к  $C$

Таблица 4 –Характеристика исходного АПП

Молекулярная масса ММ*10 <sup>3</sup>	40
Т размягчения °С	125
Количество примесей:	
Изотактической %	40
Стереоблочной %	14
Йодное число г/100г	0,25
количество двойных связей на /моль	0,4



## **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **4.1. Предпроектный анализ**

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

*Целевым рынком* являются строительные, нефтяные компании, а также предприятия с динамическим оборудованием.

Атактический полипропилен (АПП) является побочным продуктом полимеризации пропилена. Существует технология отделения АПП из среды растворителя и дальнейшей переработки в форму, востребованную на рынке. Разрабатываемый проект предназначен для получения продукта – сополимера АПП с виниловыми мономерами, который будет использоваться в качестве смазывающего компонента.

В таблице приведена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – проект ООО «Атактика».

ООО «Атактика» - Общество с ограниченной ответственностью «АТАКТИКА» основано в г. Томск в сентябре 2006 года с целью производства и продвижения на рынок наукоёмкой продукции для предприятий нефтехимии - окисленного атактического полипропилена (ОАПП). Автор научно-технической разработки - доктор технических наук В.П. Нехорошев. Производство ОАПП организовано при финансовой поддержке Администрации Томской области в рамках областной целевой программы "Развитие инновационной деятельности в Томской области на 2003 - 2005 годы".

ООО «АТАКТИКА» производит тоннажные объёмы полифункционального модификатора - ОАПП трех марок в соответствии с разработанными ТУ 2211-002-02069318-04.

### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособнос	
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>
1	2	3	4	5	6
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
1. Пластичность	0,10	5	3	0,5	0,3
2. Прочность при растяжении	0,15	5	5	0,75	0,75
3. Относительное удлинение при разрыве	0,10	5	4	0,5	0,4
4. Коэффициент термического старения	0,15	5	5	0,75	0,75
5. Морозостойкость	0,15	4	4	0,6	0,6
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	3	5	0,15	0,25
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	3	4	0,15	0,25
3. Цена	0,15	5	3	0,75	0,45
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	4	0,5	0,4
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>40</b>	<b>37</b>	<b>4,65</b>	<b>4,15</b>

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя

Конкурентоспособность данной научной разработки выше, по сравнению с проектом ООО «Атактика», так как данная разработка имеет более высокие технические критерии. Для повышения конкурентоспособности разработки необходимо стремиться к продвижению материала на рынок путем рекламы.

#### ***4.1.3 Диаграмма Исикавы***

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

Для выявления факторов, влияющих на объект анализа, был использован прием 3М:

- персонал (Manpower);
- оборудование (Machine);
- сырье, материалы(Material);

Причинно-следственная диаграмма Исикавы для данного случая представлена на рисунке 7. Как видно из диаграммы, было выявлено 3

фактора, приводящих к проблеме повышения эффективности сорбента: материалы, оборудование и персонал.

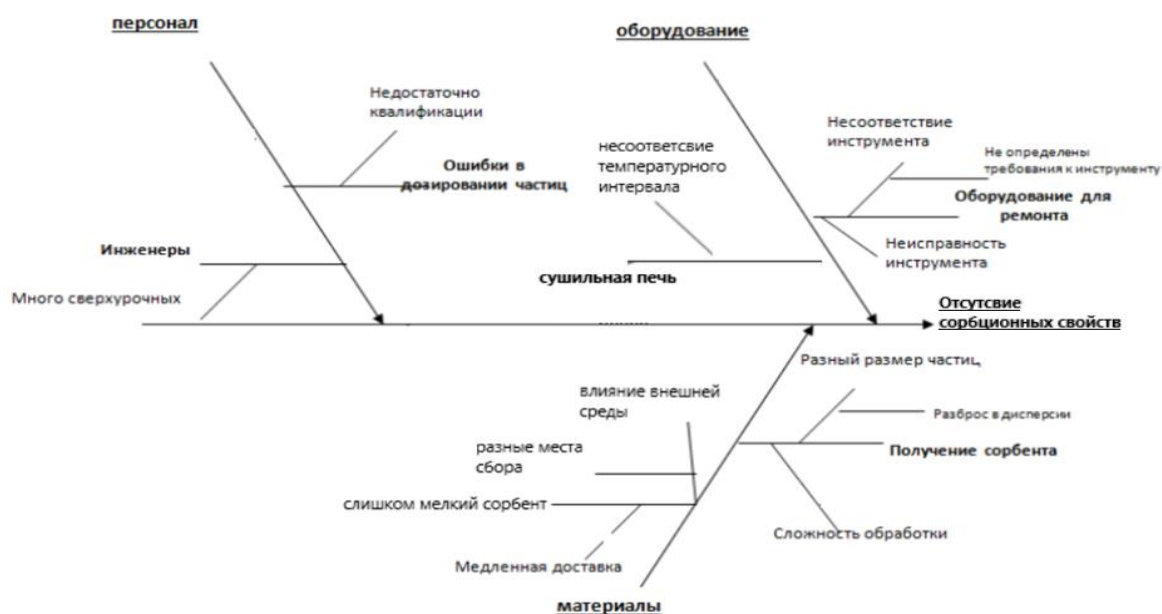


Рисунок 7- Диаграмма Исикавы

Исходя из рисунка 7 можно сделать вывод о том, что основным из трех факторов, которые могут привести к отсутствию сорбционных свойств сорбента, является материалы.

#### 4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На каждой стадии жизненного цикла научной разработки необходима оценка степени её готовности к коммерциализации, а так же выяснение уровня знаний разработчика для её проведения и завершения. С этой целью была заполнена специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенции разработчика научного проекта.

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (1.2)$$

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

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Таблица 14 - Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	1	1
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	5
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	0	0
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации	1	1

	научной разработки		
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	37	37

По итогам степени готовности научного проекта к коммерциализации  $B_{\text{сум}}=37$ . Перспективность научной разработки оказалась средней. Это вызвано недостатком финансирования, необходимого оборудования, квалифицированных специалистов, а также спроса на данный сорбент. Для повышения перспективности следует проводить доработку научного проекта.

#### ***4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования***

В качестве метода коммерциализации объекта исследования был выбран *инжиниринг*. Основанием для выбора данного метода являлось то, что потенциальные заказчики могли бы получать услуги, связанные с разработкой технологии по ликвидации нефтезагрязнений с водной поверхности при использовании природного сорбента мха, а также получение консультаций в данной области.

#### **4.1.6 Инициация проекта**

На стадии инициации проекта определяются начальные финансовые ресурсы, а так же круг внешних и внутренних заинтересованных сторон проекта, их взаимодействие и влияние на общий результат научного исследования.

#### **4.1.7 Цели и результат проекта**

В таблице 15 представлена информация о заинтересованных сторонах проекта - это заказчик и исполнитель, и их ожидания относительно результатов проекта. Также в таблице 11 сформулированы цели проекта и требования к его результатам.

Таблица 15 - Заинтересованные стороны проекта

<b>Заинтересованные стороны проекта</b>	<b>Ожидания заинтересованных сторон</b>
Научно-исследовательские институты	Получение АПП со свойствами, пригодными для его использования в качестве сырья.
Крупные нефтяные компании (например, ОАО «Газпром», ОАО «НК «Роснефть»)	Получение АПП с высокой пластичностью, высокой прочностью, приемлемой ценой.

Таблица 16 - Цели и результат проекта

<b>Цели проекта:</b>	Получение АПП с высокой пластичностью, высокой прочностью
<b>Ожидаемые результаты проекта:</b>	Нужно чтобы, АПП перестал быть отходом производства
<b>Критерии приемки результата проекта:</b>	Соответствие стандарту
<b>Требования к результату проекта:</b>	<b>Требование:</b>
	Достижение высоких физико-химических свойств
	Повышенная прочность
	Экологичность
	Высокая пластичность
	Использование в практической деятельности

#### ***4.1.8 Организационная структура проекта***

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте. Эта информация представлена в таблице 17



Таблица 17 - Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Ротарь Ольга Васильевна	Руководитель магистерской диссертации	Отвечает за реализацию проекта в пределах заданных ограничений по ресурсам, координирует деятельность участников проекта.	100
2	Котомкин Роман Александрович	магистрант	Выполнение магистерской работы, модификация атактического полипропилена.	2100
3	Креницына Зоя Васильевна	Консультант раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Курирование выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» в магистерской диссертации	2
4	Король Ирина Степановна	Консультант раздела «Социальная ответственность»	Курирование выполнения раздела «Социальная ответственность» в магистерской диссертации	2
ИТОГО:				2204

#### ***4.1.9 Ограничения и допущения проекта***

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а так же

«границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта.

Таблица 18- Ограничения проекта

<b>Фактор</b>	<b>Ограничения/ допущения</b>
3.1. Бюджет проекта	
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2016
3.2.2. Дата завершения проекта	01.06.2018

#### ***4.1.10 Планирование управления научно-техническим проектом***

Группа процессов планирования включает в себя процессы, необходимые для определения содержания работ, уточнения целей, а так же разработки последовательности необходимых для достижения поставленных целей действий.



#### ***4.1.11 План проекта***

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Вид работ	Исполнители	T <sub>к</sub> , дни	Сен-окт.	Нояб-дек.	Янв-февр	Март-апр.	Май-июнь	Сент-окт.	Янв-февр	Март	май	июн
Определение целей и задач, разработка плана	Руководитель, магистрант	7										
Обзор литературных источников, дизайн экспериментальной части	Магистрант	21										
Выбор основных подходящих способов модификации	Руководитель, магистрант	28										
Определение адсорбционной способности различных сорбентов, выбор наилучшего сорбента	Магистрант	70										
Проведение физической модификации	Магистрант	49										
Проведение химической модификации	Магистрант	14										
Анализ результатов, составление отчётов	Руководитель, магистрант	28										
Написание диссертации	Магистрант	56										

Рисунок 8 — Календарный план-график проведения проекта по теме «Модификация атактического полипропилена»

 работы, выполняемые магистрантом;  
 работы, выполняемые руководителем

#### **4.1.12 Бюджет научного исследования**

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых-расходов, необходимых для его выполнения.

Таблица 19 - Группировка затрат по статьям

Вид работ	Статьи						
	Сырье, материал, покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
1.	1083,56	3797,44	664281	66428,1	198022,1	584567,28	1518179,48

***Сырьё, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)***

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов.

Таблица 20 - Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за единицу, руб. с НДС	Сумма, руб.
АПП	г	500	0,05	25
Гептан	мл	250	1,2	300
Соляная кислота	мл	200	40	40
Толуол	мл	250	1	250
Ксилол	мл	250	0,5	125
Изопропиловый спирт	л	5	60	300
Перекись водорода	мл	50	0,24	12
Всего за материалы				1052
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				31,56
Итого по статье С <sub>м</sub>				1083,56

***Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ***

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

Таблица 21 - Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования руб.	Срок службы оборудования, год	Общая стоимость оборудования с учетом доставки и монтажа, руб.	Сумма амортизационных отчислений за время использования, руб.
1.	Шкаф вытяжной	1	52070	20	59880	433,74
2.	Спектрофотометр «Evolution»	1	931531	15	961900	2650,5
3.	Весы аналитические AS/310/C/2	1	57260	5	65849	476,9
4.	Плита	1	12500	15	15000	236,3
	Итого	-	1053361	-	1102629	3797,44

Расчёт амортизационных отчислений осуществляется по формуле:

$$E_{ам} = \frac{\sum K_{обі} \cdot H_{обі} \cdot T_{обі}}{365 \cdot 100}$$

где  $K_{обі}$  — стоимость ед. прибора или оборудования, руб.;

$H_{амі}$  — норма амортизации прибора или оборудования, %;

$T_{обі}$  — время использования оборудования, дни.

### ***Основная заработная плата***

В настоящую статью включается основная заработная плата работников, непосредственно участвующих в исследовании, включая премии, доплаты и дополнительную заработную плату. Величину расходов по данной статье определяют с учётом трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

$$C_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (1.3)$$

$$C_{зп} = 233\,937 + 23\,393,7 = 257\,330,7 \text{ руб.}$$

Где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (1.4)$$

$$З_{осн} = 1\,251 \cdot 63 = 78\,750 \text{ руб.}$$

$$З_{осн} = 137 \cdot 273 = 37\,401 \text{ руб.}$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (1.5)$$

$$З_{дн} = 22\,500 \cdot 10,4 / 540 = 1\,251 \text{ руб.}$$

$$З_{дн} = 2\,500 \cdot 11,2 / 536 = 137 \text{ руб.}$$

где  $З_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. Дн. (табл. 17)

Таблица 22 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистр
Календарное число дней	728	728
Количество нерабочих дней		
- выходные дни		
- праздничные дни	132	132
Номинальный фонд рабочего времени		
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	60
- невыходы по болезни		
Эффективный фонд рабочего времени	540	536

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (1.6)$$

$$Z_m = 22\,500 \cdot (0.5 + 0.5) = 29\,250 \text{ руб.}$$

где  $Z_b$  – базовый оклад, руб.;

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

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок;

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



Таблица 23 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{б,}$ руб.	$k_{пр}$	$k_{р}$	$Z_{м,}$ руб	$Z_{дн,}$ руб.	$T_{р,}$ раб. Дн.	$Z_{осн,}$ руб.
Руководитель	22500	0,5	1.3	29250	1251	63	78750
Магистрант	2500				137	273	37401

***Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала***

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде

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

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (1,7)$$

$$Z_{доп} = 0,1 * 78750 = 7875 \text{ руб.}$$

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

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

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

Таблица 24 – Заработная плата исполнителей НТИ

<b>Заработная плата</b>	<b>Руководитель</b>	<b>Инженер</b>
Основная зарплата	78750	72199
Дополнительная зарплата	7875	-
Итого по статье $C_{зп}$	86625	

**Отчисления на социальные нужды**

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (1,8)$$

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

Таблица 25 – Отчисления на социальные нужды

	<b>Руководитель</b>	<b>Инженер</b>
Заработная плата	86625	72199
Отчисления на СН	198022,1	-

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

### ***Накладные расходы***

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 70 - 90 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации.

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (1,8)$$

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

$$C_{\text{накл}} = 0,8 * 86625 = 69300 \text{ руб.}$$

#### ***4.1.13 Организационная структура проекта***

В практике используется несколько базовых вариантов организационных структур: функциональная, проектная, матричная. Поскольку степень неопределённости условий реализации текущего проекта и его сложность являются высокими и в связи с новизной предлагаемой технологии данное исследование имеет проектную организационную структуру.

Таблица 26 - Выбор организационной структуры научного проекта

Критерии выбора	Проектная
Степень неопределенности условий реализации проекта	Высокая
Технология проекта	Новая
Сложность проекта	Высокая
Взаимозависимость между отдельными частями проекта	Высокая
Критичность фактора времени (обязательства по срокам завершения работ)	Высокая
Взаимосвязь и взаимозависимость проекта от организаций более высокого уровня	Низкая

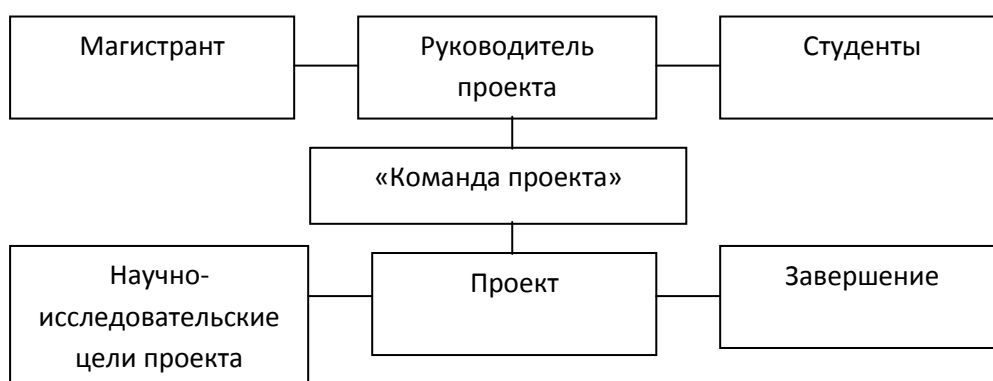


Рисунок 9 - Проектная организационная структура научного проекта

#### **4.1.14 Матрица ответственности**

Для распределения ответственности между участниками проекта формируется матрица ответственности

Таблица 27 - Матрица ответственности

<b>Этапы проекта</b>	<b>Роль/должность</b>	<b>Роль/должность</b>
1. Составление технического задания	(О) / К.х.н., доцент каф. ТОВПМ	
2. Изучение литературы	(И) /магистрант	
3. Патентный поиск	(И) /магистрант	
4. Проведение эксперимента	(И) /магистрант	
5. Обработка экспериментальных данных	(О) / К.х.н., доцент каф. ТОВПМ	(И) /магистрант
6. Обсуждение полученных результатов	(О) / К.х.н., доцент каф. ТОВПМ	(И) /магистрант
7. Выводы	(О) / К.х.н., доцент каф. ТОВПМ	(И) /магистрант
8. Оформление диссертации	(И) /магистрант	

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

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

#### **4.1.15 План управления коммуникациями проекта**

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта.

Таблица 28 - Плана управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Информация о текущем состоянии проекта	Исполнитель проекта	Руководителю магистерской диссертации	Еженедельно (пятница)
2.	Документы и информация по проекту	Исполнитель проекта	Руководителю магистерской диссертации	Еженедельно (любой рабочий день)
3.	Отчет о проделанной работе	Исполнитель проекта	Руководителю магистерской диссертации	Не позже сроков графиков и контрольных точек

#### ***4.1.16 Реестр рисков проекта***

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

Таблица 29 - Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Отсутствие финансирования	4	4	Высокий	Заинтересовать инвесторов	Незаинтересованность в данной разработке
2	Ограничения внедрения на рынок	4	4	Высокий	Провести маркетинговый анализ	Нет рекламы
3	Отсутствие прототипа научной разработки	5	5	Высокий	Выявить сильные и слабые стороны конкурентов	Наличие альтернативных разработок

Из таблицы видно, что уровень риска проекта высокий, прежде всего, из-за незаинтересованности потенциальных потребителей в данной разработке, отсутствия финансирования, а также из-за уже имеющихся альтернативных разработок на рынке.

#### ***4.1.17 План управления контрактами и поставками***

Этот план формируется в случае необходимости заключения контрактов для осуществления поставок или работ по проекту.

Таблица 30 - Требования к объектам контрактов

№	Объект контракта (продукт/услуга)	Требования к продукту/услуге	Требования к срокам поставки	Требования к поставщику/подрядчику
1.	АПП	Определенная пластичность, повышенная прочность	По требованию	Своевременность оплаты

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

### ***4.2.1 Оценка сравнительной эффективности исследования***

Чтобы определить эффективность исследования, необходимо рассчитать интегральный показатель эффективности научного исследования. Для этого определяют две средневзвешенные величины: финансовую эффективность и ресурсоэффективность.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} \quad (26)$$

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).

Таблица 31 – Группировка затрат по статьям аналогов разработки

Вариант исполнения аналога №	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого плановая себ-ть
1	2000	200000	255899	100049	536000
2	1000	150000	200500	95598	325000

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

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{435000}{536000} = 0,8$$

$$I_{\phi}^{a1} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{325000}{536000} = 0,6$$

$$I_{\phi}^{a2} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{536000}{536000} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разы, то есть наша разработка обладает наименьшей стоимостью по сравнению с аналогами.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определяют следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p \quad (27)$$

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.

Результат расчетов представим в виде таблицы:

Таблица 32 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Экологичность	0,1	5	4	3
2. Доступность	0,15	4	3	4
3. Эффективность	0,15	5	4	3
4. Удобство в эксплуатации	0,20	5	4	2
5. Простота эксплуатации	0,25	5	5	5
6. Возможность вторичного производства	0,15	1	2	3
ИТОГО	1	25	22	20

$$I_m^p = 5 * 0,1 + 4 * 0,15 + 5 * 0,15 + 5 * 0,20 + 5 * 0,25 + 1 * 0,15 = 4,25$$

$$I_1^A = 4 * 0,1 + 3 * 0,15 + 4 * 0,50 + 4 * 0,20 + 5 * 0,25 + 2 * 0,15 = 3,8$$

$$I_2^A = 3 * 0,1 + 4 * 0,15 + 3 * 0,15 + 2 * 0,20 + 5 * 0,25 + 3 * 0,15 = 4,25$$

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

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} \quad (28)$$

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{4,25}{0,8} = 5,3$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{3,8}{0,6} = 6,3$$

$$I_{финр}^{a2} = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{3,45}{1} = 3,34$$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_\phi^{a1}} = \frac{5,3}{6,3} = 0,8$$

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_\phi^{a2}} = \frac{5,3}{3,45} = 1,5$$

где  $\mathcal{E}_{cp}$  – сравнительная эффективность проекта;  $I_{мэ}^p$  – интегральный показатель разработки;  $I_{мэ}^a$  – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Таблица 33 - Сравнительная эффективность разработки с первым аналогом

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,72	0,8
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,8	4,25	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	3,8	5,9	4,31
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,55		1,37

**Вывод:** при сравнении значений интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что существующий вариант решения поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является наиболее приемлемым.