

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 _____

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект узла окисления атактического полипропилена

УДК 678.742.3:66.094.3.03-047.74

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д4А	Капрелев Владислав Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ротарь Ольга Васильевна	к.х.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король Ирина Степановна	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волгина Татьяна Николаевна	к.х.н., доцент		

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

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д4А	Капрелеву Владиславу Евгеньевичу

Тема работы:

Проект узла сероочистки метана

Утверждена приказом директора (дата, номер)	25.12.2017 №10042
---	-------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2018
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Окисление атактического полипропилена в растворе. В качестве растворителя используется гептан; Окислительный агент – кислород воздуха. Процесс периодический; основной аппарат – барботажный реактор.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>В ходе работы были разработаны следующие разделы: теоретическая часть;</p> <ul style="list-style-type: none"> – объект и методы исследования; – инженерные расчеты, включающие материальный, тепловой, механический расчеты, расчет вспомогательного оборудования; – контроль производства; – финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение; – социальная ответственность. <p>Заключение по работе</p>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		1. Схема технологическая. 2. Реактор. Вид общий. 3. Реактор. Сборочный чертеж
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна	
Социальная ответственность	Король Ирина Степановна	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	18.09.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ротарь Ольга Васильевна	к.х.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д4А	Капрелев Владислав Евгеньевич		

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

Инженерная школа природных ресурсов _____
 Направление подготовки (специальность) Химическая технология
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.12.17	<i>Работа с литературой: теоретическая часть, выбор метода производства, описание технологической схемы (с учетом вопросов охраны ОС)</i>	25
12.02.18	<i>Расчет материального баланса</i>	10
04.03.18	<i>Расчет теплового баланса, аппаратные расчеты. Контроль производства (КИП реактора)</i>	15
19.03.18	<i>Выполнение чертежа общего вида реактора</i>	10
08.04.18	<i>Оформление пояснительной записки КП и защита проекта</i>	10
13.05.18	<i>Выполнение чертежа технологической схемы, чертежа сборочных единиц реактора</i>	10
27.05.18	<i>Завершение разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент» Контроль производства (аналитический контроль). Подбор вспомогательного оборудования</i>	10
30.05.18	<i>Сдача готовой работы</i>	
04.06.18	<i>Размещение в ЭБС</i>	

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Волгина Т.Н	к.х.н., доцент		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д4А	Капрелеву Владиславу Евгеньевичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности узла окисления атактического полипропилена</i>
Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения НИИ 4. Определение бюджета НИИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ 	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	06.04.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д4А	Капрелев Владислав Евгеньевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д4А	Капрелеву Владиславу Евгеньевичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования - окисленный атактический полипропилен. Методика – проектирование узла окисления АПП. Рабочая зона – лабораторное помещение ОХИ ТПУ. Область применения – химическая промышленность
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования. 1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований. 1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.
2. Экологическая безопасность:	2.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду 2.2. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования. 2.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований. 3.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта. 3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	4.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства. 4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Король Ирина Степановна	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д4А	Капрелев Владислав Евгеньевич		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
Р2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
Р3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
Р4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности
Р8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
Р9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности
Р10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации

Реферат

Дипломный проект состоит из: 96 страниц, 38 таблицы, 6 рисунков, 40 источника литературы, 3 листов графического материала.

Ключевые слова: атактический полипропилен, окисление, окислительный агент, растворитель.

Объектом проектирования является аппарат для окисления атактического полипропилена.

Целью ВКР является расчет аппарата окисления атактического полипропилена.

В работе было выполнено:

- расчет материального баланса;
- расчет теплового баланса;
- механический расчет.

На основании расчета построен чертеж общего вида аппарата, сборочные единицы реактора. Приведена технологическая схема производства.

Пояснительная записка содержит такие разделы, как:

- Обзор литературы;
- Расчет и аналитика;
- Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;
- Социальная ответственность;
- Заключение.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был рассчитан бюджет научно-технического исследования.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены вредные и опасные факторы, а также влияние производства на окружающую среду.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1.ГОСТ Р 52110-2003. Масла растительные. Методы определения кислотного числа

2. ГОСТ 9931-85. Корпуса цилиндрические стальных сварных сосудов и аппаратов. Типы, основные параметры и размеры

3.ГОСТ 5520-79. Прокат листовой из углеродистой, низколегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением. Технические условия

4.АТК 24.218.06-90 Штуцера для сосудов и аппаратов стальных сварных. Типы, основные параметры, размеры и общие технические требования.

5.ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

6.ГОСТ 12.0.004-90. Организация обучения безопасности труда.

7.ГОСТ Р 54578-2011. Воздух рабочей зоны. Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Общие принципы гигиенического контроля и оценки воздействия

8.ГОСТ 12.2.003-91. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

9.ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1)

10.ГОСТ ИСО 10816-1-97. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть I. Общие требования

11.ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)

12.ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

Содержание

Введение.....	13
1. Литературный обзор	14
1.1 Мировое производство и потребление полипропилена	14
1.2 Особенности полимеризации полипропилена	15
1.3 Получение АПП как целевого продукта.....	20
1.4 Модификация АПП.....	22
1.5 Привитые сополимеры	23
1.5.1 Методы получения блок и привитых сополимеров.....	25
1.6. Окисление	26
1.6.1 Характеристика процессов окисления	26
1.6.2 Окислительные агенты	27
1.6.3 Радикально-цепное окисление.....	27
1.6.4 Гетерогенно-каталитическое окисление углеводородов	29
1.7 Механизм основной реакции	30
1.8 Кинетика радикально-цепного окисления.....	31
2 Объект и метод исследования.....	33
2.1 Атактический полипропилен	33
2.2 Продукт	33
2.3 Выбор и обоснование технологической схемы производства	34
2.4 Описание технологической схемы окисления атактического полипропилена	35
2.5 Аналитический контроль	36
2.6 Описание средств автоматизации и приборов контроля производства	37
3. Расчеты и аналитика.	40
3.1 Материальный баланс.....	40
3.2 Технологический расчет.....	45
3.3 Тепловой баланс	49
3.4 Механические расчеты	57
4. Финансовый менеджмент.....	62

4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	62
4.1.1	Анализ конкурентных технических решений	62
4.1.2	SWOT-анализ.....	64
4.2	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	66
4.3	Планирование научно-исследовательских работ.....	67
4.3.1	Структура работ в рамках научного исследования	67
4.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ	68
4.3.3	Разработка графика проведения научного исследования	70
4.3.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	74
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	80
5.	Социальная ответственность	83
5.1	Производственная безопасность	83
5.1.1	Вредные и опасные факторы, которые может создать объект проектирования	83
5.1.2	Вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при проведении работ	84
5.1.3	Требования и мероприятия по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.....	84
5.2	Экологическая безопасность.....	88
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	89
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	90
	Заключение	91
	Список литературы	92

Введение

В настоящее время остается актуальной проблема рационального использования атактического полипропилена (АПП), побочного продукта производства полипропилена. Каталитические системы второго и третьего поколения на основе титан-магниевых нанесенных катализаторов, используемые в производстве при суспензионной полимеризации пропилена, не позволяют полностью устранить образование атактического полипропилена. Свойства полученного АПП изменяются в зависимости от типа каталитической системы, марочного ассортимента целевого продукта, используемого растворителя и др. При получении блок-сополимера пропилена с этиленом выход АПП составляет 4 мас.% (4 тыс. тонн в год), а при производстве гомополимера пропилена – 0.5 мас.% (500 тонн в год) [1]. Наиболее ценными свойствами обладает блок-сополимер, что позволяет прогнозировать увеличение выхода АПП, особенно с учетом планируемого повышения мощности производства до 120 тыс. тонн.

Одним из способов модификации и придания необходимых товарных свойств является окисление АПП. В настоящее время процесс реализуется в расплаве АПП по непрерывной технологической схеме синтеза [2]. Также процесс можно осуществлять и в растворе АПП в гептане. В качестве окислительного агента используется кислород воздуха.

Области применения ОАПП определяются содержанием в нем полярных и гидроксильных групп, олефиновых двойных связей. Полимер может применяться для повышения эксплуатационных, адгезионных и технологических свойств композитных материалов [3].

В числе важнейших предприятий, нашедших применение ОАПП являются ОГУ «Управление автомобильных дорог Томской области», ООО «Фирма ГБЦ» (г. Екатеринбург), ЗАО «Гермаст» (г. Дзержинск) [1].

Средняя цена от реализации ОАПП на рынке составляет 25 тыс. руб. за тонну [1].

1. Литературный обзор

1.1 Мировое производство и потребление полипропилена

Популярность полипропилена связана с несколькими причинами. Полимер легко перерабатывается почти всеми известными способами, обладает уникальными свойствами. Специалисты разрабатывают и внедряют инновационные технологии, которые позволяют изменять свойства полимера и композитов на его основе и открывают все новые и новые области применения полипропилена. На сегодняшний день из данного полимера производят чрезвычайно широкий ассортимент изделий – от упаковочной пленки и пластиковой посуды до высокотехнологичных деталей для бытовой техники и автомобилей. Рынок изделий из полипропилена очень далек от насыщения.

В России рост спроса на полипропилен носил просто взрывной характер. За 12 лет его потребление выросло в 4 раза - с 200 тыс. тонн в 2000 г. до 800 тыс. тонн в 2012 г [4]. И продолжает расти. Такого не было ни с каким другим полимером.

Спрос на полипропилен в мире за 12 лет вырос почти в 2 раза и достиг в 2012 году 55 500 тыс. тонн (рис. 1). Производство - 62 000 тыс. тонн (рис 2) [4].

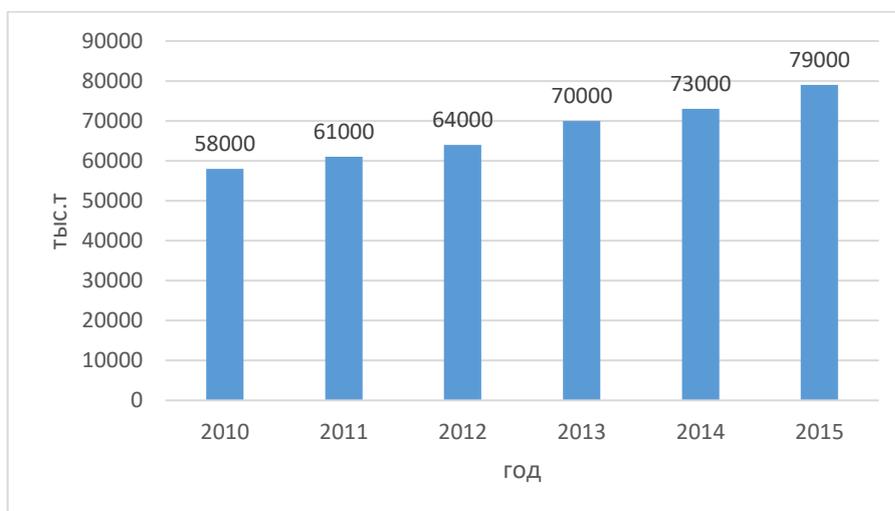


Рисунок 1 – рост спроса на полипропилен в мире [4]

Основной тенденцией в мире является стремительное наращивание крупных производств.

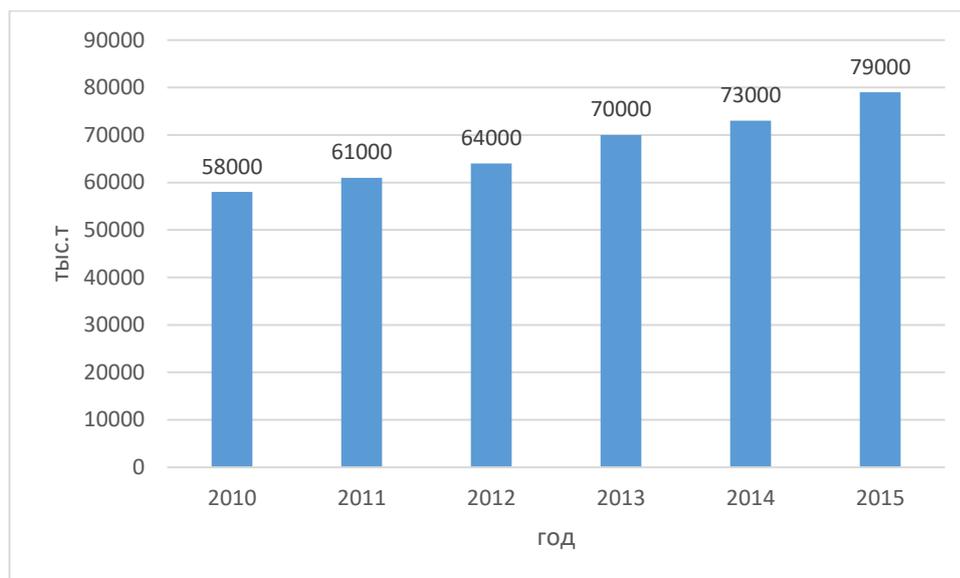


Рисунок 2 - Мировые мощности по производству полипропилена [4]

Если говорить о структуре потребления ПП, наибольшая доля в мире в 2012 году приходилась на гибкую и жесткую упаковку (45% всего объема) и ТНП (14%). В России картина немного иная. Лидировали сегменты ТНП (41%) и гибкая упаковка (19%) [4].

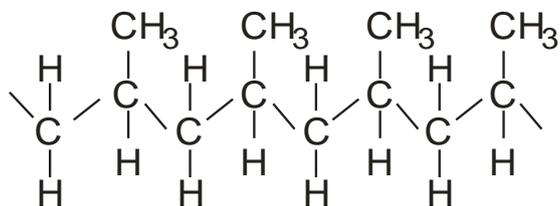
В связи с этим возникает проблема рационального использования АПП, которого образуется 1-5 % мас. от всего полученного полипропилена.

1.2 Особенности полимеризации полипропилена

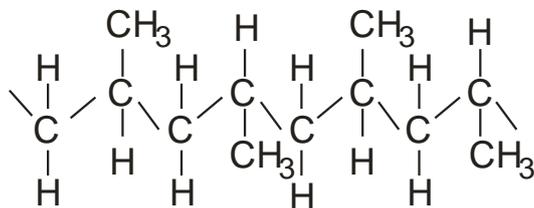
В последнее десятилетие в производстве полипропилена (ПП) достигнут значительный прогресс, связанный с технологическим совершенствованием процесса и использованием высокоэффективных каталитических систем, обладающих повышенной селективностью при полимеризации пропилена.

Полимеризация полипропилена протекает по ионному механизму, в присутствии катализаторов Циглера-Натта и в зависимости от условий процесса выделяют четыре основных типа полимеров [5]:

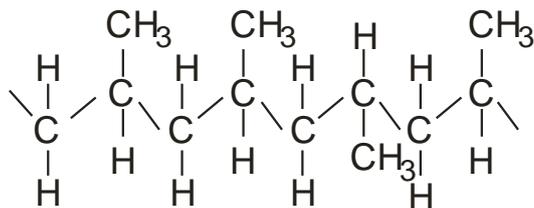
- 1) Изотактический полипропилен (ИПП):



2) Синдиотактический полипропилен (сПП):



3) Атактический полипропилен (аПП):



4) Стереорегулярный полипропилен (состоит из блоков ИПП и сПП)

Лишь стереорегулярная структура полипропилена обеспечивает образование полимеров с высокой степенью кристалличности, обладает наиболее привлекательными свойствами, такими как более высокая плотность, температура плавления, вязкость, степень кристалличности (данные свойства описаны в таблице 1). В этом плане наиболее привлекательными является изотактический полипропилен [5,6].

Таблица 1 - Сравнение свойств полипропилена разной структуры

Структура полипропилена	Плотность, кг/м ³	Температура плавления, °С	Вязкость	Степень кристалличности
Изотактическая	900 – 920	165 – 175	2,1	68
Атактическая	850	70 – 90	0,46	0
Синдиотактическая	850 – 900	114 – 170	0,5 – 1,2	27 - 64

Свойства атактического и изотактического полипропилена очень сильно отличаются, но несмотря на это оба этих полимера находят широкое применение в промышленности.

Изотактический полипропилен – твердое, белое вещество с высокой температурой плавления, высокой прочностью и жесткостью, трудно растворимое в органических растворителях.

Атактический полипропилен – каучукоподобное, мягкое, эластическое вещество, светло-желтого цвета, очень хорошо растворяется в органических растворителях (гептан) [7].

В промышленности разделение изотактического от атактического полипропилена основано на их разной растворимости.

Пропилен является одним из непредельных соединений, подвергшихся всестороннему исследованию. В первую очередь изучалась его полимеризация в присутствии галогенидов металлов. Исследование реакции полимеризации в присутствии бромистого алюминия при низких, температурах показало, что образуются низкомолекулярные продукты.

Другими катализаторами полимеризации пропилена являются серная и фосфорная кислоты, фтористый бор с добавками трикрезилфосфата или этилового спирта и комплекс фтористого бора с фосфорной кислотой [8]. Под влиянием 90-92%-ной серной кислоты пропилен димеризуется в 4-метилпентен-1; 98%-ная серная кислота способствует получению более высокомолекулярных продуктов. В присутствии олеума и особенно при повышенных температурах пропилен полимеризуется почти полностью. Но во всех случаях не удавалось получить из пропилена высокомолекулярных полимеров, пригодных для изготовления пластмасс. Продукты полимеризации представляли собой либо подвижные жидкости (димеры, тримеры, тетрамеры), либо более или менее вязкие продукты консистенции смазочных масел [7].

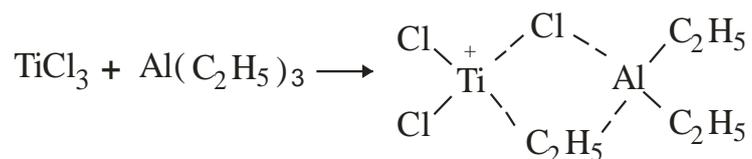
Некоторые низкомолекулярные полимеры пропилена, в частности тетрамер (н-додецен), нашли применение в промышленности основного органического синтеза для получения алкиларилсульфокислот, являющихся одними из наиболее дешевых и доступных моющих средств.

Активными веществами, вызывающими полимеризацию пропилена до низкомолекулярных продуктов, являются тетраэтилсвинец, относящийся к

группе металлалкилов, азо- и диазосоединения, нитросоединения, оксимы и производные гидразина.

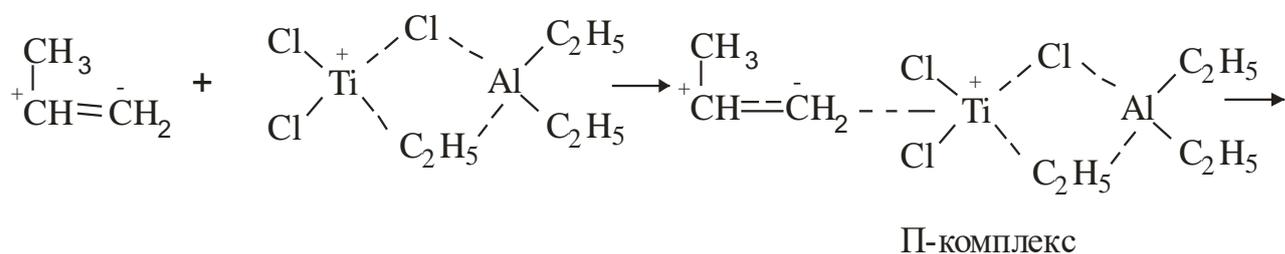
Однако наиболее практический интерес представляет высокомолекулярный полипропилен стереорегулярной структуры, полученный в 1954 году на катализаторе Циглера – Натта. Впервые такой полипропилен был получен в 1956 году в Италии [8].

Для получения полипропилена использовался катализаторный комплекс треххлористого титана, который является очень реакционноспособным:



Образованный комплекс содержит в своей структуре противоположно заряженные ионы, а также химические связи координационного типа, поэтому эти катализаторы носят название ионно-координационные катализаторы. В таком катализаторе катион титана способен взаимодействовать с π – электронной системой молекулы пропилена и поляризовать эту молекулу [8].

Первым этапом является поляризация мономера катионом титана, ориентация полярного мономера положительным концом к отрицательно заряженному комплекс - иону, после чего происходит втягивание молекулы мономера в отрицательный комплекс – ион, при этом происходит восстановление положительно заряженного иона титана и стабилизация растущей полимерной цепи в комплекс – ионе.



Далее образование комплекса переходит в более стабильную форму, способную к образованию комплекса с новой молекулой мономера и повторению описанного выше цикла превращений, приводящий к росту полимерной цепи. Полимерная цепь растет в результате присоединения молекул мономера к полимерной цепи с конца, которой связан с

1.3 Получение АПП как целевого продукта.

Существуют несколько способов образования АПП и все они связаны с изменением каталитического комплекса. Атактический полипропилен долгое время считался нежелательным побочным продуктом. Актуальность решения проблемы снижения выхода АПП сохраняется для некоторых действующих производств полипропилена, основанных на суспензионной технологии полимеризации с использованием катализаторов I и II поколений. Применение более эффективных сферических катализаторов позволило уменьшить выход АПП, образующегося в качестве побочного продукта, с 8 ÷ 10 % до 0,5 ÷ 1,0 % и отказаться от его утилизации сжиганием или захоронением [10]. На современных производствах, основанных на полимеризации пропилена в сжиженном мономере на нанесенных титан-магниевого катализаторах, АПП не выделяется после полимеризации, а входит в состав целевого продукта - изотактического полипропилена (ИПП). Значительное сокращение выхода АПП и повышение потребностей различных отраслей промышленности в нем стимулируют разработку и создание по технологии прямого синтеза специальных производств АПП как самостоятельного продукта, который используется для получения композиционных материалов и химического модифицирования [10]. Марочный ассортимент этого АПП и его свойства легко изменяются в процессе синтеза. Три фирмы США, включая ведущую фирму "Himont", выпускают с 1987 года АПП на трех заводах общей мощностью 70 тыс.т/год. Стоимость АПП, получаемого по технологии прямого синтеза, несколько выше (900 долл/т) стоимости АПП, получаемого в виде побочного продукта. Состав АПП полученного прямым способом, регулируется, он имеет однородную структуру и имеет лучшее качество.

Перспективными катализаторами для промышленного получения АПП являются бис-циклопентадиенильные производные циркония и титана [10], которые обладают высокой активностью и обеспечивают

образование атактического полимера с высокой молекулярной массой (до 500000 при низких температурах).

Основным способом получения АПП на действующих промышленных установках является сополимеризация пропилена с α -олефинами с использованием низкостереоспецифичных каталитических систем. В состав каталитической системы входит растворимое в углеводороде соединение переходного металла, полученное реакцией растворимых в углеводороде карбоксилата магния и соли переходного металла (титана, циркония или гафния), и активатор на основе галогенида алкилалюминия [10]. Полимерный продукт выделяют из раствора выпариванием. Он содержит менее 0,03% переходного металла, и поэтому его очистка для большинства областей применения не требуется.

Известен способ получения некристаллических мягких сополимеров олефинов путем сополимеризации в присутствии катализатора на основе переходного металла смеси мономеров, содержащей 50-98% пропилена, 0,2-30% этилена и 0,2-45% α -олефина с неразветвленной цепью. Для полимеризации используется катализатор, состоящий из носителя (хлорид или оксид магния) и нанесенных соединений (соединения титана: тетрагидрохлорид титана, этоксититантрихлорид, триметоксититанхлорид). В качестве сокатализатора применяют алюминий-органические соединения.

АПП синтезируют полимеризацией пропилена в углеводородном растворителе в присутствии каталитической системы, состоящего из твердого титансодержащего компонента и АОС. Твердый компонент получают взаимодействием бутилмагнийхлорида, хлористого алюминия и триэтоксифенилсилана. Производительность каталитической системы очень высокая полученный ПП содержит 85% растворимой атактической фракции [10].

На ООО «Томскнефтехим» действует технологический процесс полимеризации пропилена в среде «тяжёлого» углеводородного растворителя гептана, с использованием в качестве катализатора отечественного микросферического трёххлористого титана в сочетании с диэтилалюминий-

хлоридом $(C_2H_5)_2AlCl$. Полученный полипропилен содержит до 5% растворимой в гептане атактической фракции [11]. Выделяют АПП выпариванием в отпарном аппарате, а затем проводят его грануляцию. На производстве полипропилен используется эффективный катализатор, который позволяет получать с высоким выходом изотактический полипропилен с незначительным содержанием АПП. Это позволило также выделять АПП вместе с изотактической фракцией, и не утилизировать его, а реализовывать по рыночной стоимости.

1.4 Модификация АПП

Способы моделирования полимеров в процессах модификации представляет большой интерес с научной и практической точки зрения, которые позволяют создавать материалы с необходимыми свойствами и различными сроками эксплуатации.

Химическая модификация полимера – это направленное изменение его физических, механических или химических свойств введением в макромолекулу новых функциональных групп, сшиванием или сополимеризацией. Необходимость как физической, так и химической модификации большинства полимеров обусловлена несколькими основными причинами:

- необходимостью придания промышленным маркам полимеров, требуемых эксплуатационных и технологических характеристик;
- неполноценностью их химической и надмолекулярной структуры, обусловленной неоднозначным протеканием процессов синтеза, в результате которого в реальном полимере появляются нарушения регулярности структуры: разветвления, ненасыщенные группы, пространственная неоднородность и другие, оказывающие существенное и чаще всего негативное влияние на весь комплекс его свойств

- возможностью достижения значительного экономического эффекта, как за счет удешевления полимерных композиций, так и упрощения технологии изготовления изделий из модифицированных полимеров;

- возможностью восстановления или изменения свойств отработанных изделий, обеспечивающих их повторное использование, и необходимостью защиты окружающей среды.

Модификация полимеров – одно из приоритетных направлений развития полимерной химии и технологии, социально значимой для человеческого сообщества задачей.

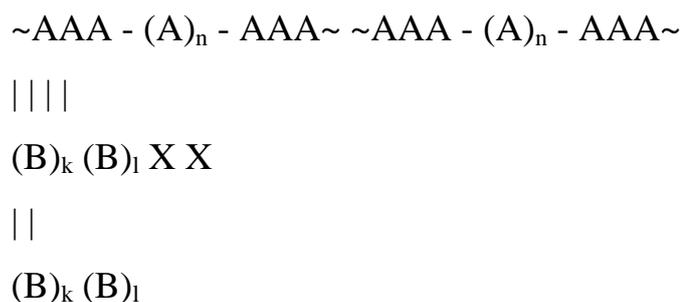
Наиболее распространенными способами модификации АПП являются привитая сополимеризация, окисление, хлорирование, нитрование и другие. Наибольшую ценность представляет модификация АПП привитой сополимеризацией и окислением.

Привитые сополимеры на основе полиолефинов представляют интерес вследствие своих новых приобретенных свойств.

Сополимеры, с одной стороны, могут иметь свойства, типичные для привитого полимера, и одновременно- специальные свойства, обусловленные основной цепью полиолефина.

1.5 Привитые сополимеры

Разветвленные высокомолекулярные соединения, макромолекулы которых состоят из основной цепи и боковых ответвлений, различающихся по составу и/или строению. Схематично привитые сополимеры можно изобразить так:



(А и В - мономерные звенья различного типа, Х – промежуточная группа, k, n и l показывают число мономерных звеньев в последовательностях). Основная и боковые цепи могут быть гомо- (показаны на схеме) и сополимерами.

Привитые сополимеры имеют в своем составе последовательности дифильного характера и процесс микрорасслаивания может происходить как в растворах, так и в твердой фазе. Микрорасслаивание может происходить либо при синтезе и выделении сополимеров, либо при уже их переработке. Этому процессу препятствуют химические связи, образующиеся в молекуле сополимера. Наличие данного свойства сильно отличает их от соответствующих термодинамически неустойчивых механических смесей полимеров. Из-за этого свойства появляется возможность использовать привитые сополимеры в тех случаях, когда необходимы совместимые полимерные системы.

В составе привитых сополимеров присутствуют так называемые микрообласти, которые обогащены одним из компонентов. Благодаря этой особенности есть существенное отличие в свойствах статических сополимеров и привитых того же состава. Это отличие выражается аддитивностью физико-механических свойств полученного сополимера.

Привитым сополимерам, состоящим из мало или несовместимых компонентов присуще наличие двух температур стеклования. Определение температуры течения происходит по максимальной температуре одного из компонентов. Данная особенность дает возможность в некоторых случаях увеличить температурный интервал высокоэластичного состояния.

Процесс пластификации привитых сополимеров происходит селективно путем растворения пластификатора в соответствующих микрообластях.

Наиболее важные в практическом применении механические свойства привитых сополимеров обуславливаются наличием областей микрорасслаивания.

Привитая сополимеризация может использоваться для придания необходимых поверхностных свойств полимерным и неполимерным материалам таких как: термостойкость, адгезия, жесткость и др.

1.5.1 Методы получения блок и привитых сополимеров

Свойства привитых сополимеров и блоксополимеров отличаются от статистических сополимеров. В отличие от блок- и привитых сополимеров в которых сочетаются свойства компонентов входящих в состав, в статистических сополимерах не проявляются свойства характерные индивидуальным компонентам.

Получение блоксополимеров и привитых сополимеров осуществляется с помощью химических превращений. Они не могут быть получены методами прямой сополимеризации. Получение осуществляется двумя основными способами:

- 1) Реакции в системе полимер-мономер,
- 2) Реакции в системе полимер-полимер.

Рассмотрим поподробнее каждый из способов получения.

Реакции в системе полимер – мономер

Для получения блок- и привитых сополимеров необходимо создание в макромолекуле реакционных центров, на которых будет происходить полимеризация. Для этого можно использовать один из двух методов. Чаще всего используется радикальная полимеризация, также можно использовать ионную полимеризацию.

Радикальная полимеризация может осуществляться в одну или две стадии. В зависимости от этого могут получаться разные продукты.

Эффективность одностадийного метода определяется скоростью передачи цепи на полимер. Скорость передачи зависит от температуры, соотношения полимера и мономера, подвижности отрываемого атома от цепи, а также реакционной способности мономера и полимера.

Реакции в системе полимер – полимер

Основой этого метода получения блоксополимеров и привитых сополимеров является взаимодействие полимеров или олигомеров путем конденсации функциональных групп или путем рекомбинации макрорадикалов различных полимеров.

1.6. Окисление

1.6.1 Характеристика процессов окисления

Процессы окисления имеют огромное практическое значение в органическом и нефтехимическом синтезе благодаря следующим факторам:

- Продукты окисления представляют большую ценность и являются промежуточными продуктами органического синтеза.
- Большая разновидность реакций окисления, к которым способны многие органические соединения.
- Низкая стоимость и доступность окислителей.

Процессами окисления в органической химии считаются превращения веществ, происходящие под действием окислительных агентов. Также различают полное и неполное окисление. Полное окисление идет с образованием диоксида углерода и воды. Оно является нежелательным процессом. Реакции неполного окисления можно разделить на три главные группы [12]:

1. Окисление без разрыва углеродной цепи

Количество атомов углерода сохраняется как в исходном соединении. Эти реакции в свою очередь делятся на две группы: окисление по насыщенному атому углерода в парафинах, нафтенах и т.д.

И окисление по двойной связи с образованием α -оксидов, карбонильных соединений:

2. Деструктивное окисление, протекает с расщеплением C-C, C=C или C_{ар}-C_{ар} связей.

3. Окислительная конденсация. Окисление сопровождается связыванием молекул исходных реагентов.

1.6.2 Окислительные агенты

В качестве окислительных агентов в промышленности используют молекулярный кислород, азотную кислоту или пероксидные соединения[12].

Молекулярный кислород применяется в виде воздуха, технического кислорода или азотокислородных смесей. Он является важнейшим окислительным агентом.

Азотная кислота также применяется как окислительный агент, но при ее использовании может происходить побочная реакция нитрования органических соединений. Нитрующая способность азотной кислоты возрастает с ее концентрацией. Поэтому как правило используют 40-60 %-ю азотную кислоту. HNO_3 как окислитель не применяется с парафинами. Чаще всего ее используют для деструктивного окисления циклических соединений.

Пероксидные соединения в частности пероксид водорода и перуксуная кислота применяются как окислительные агенты совсем недавно. Из-за высокой стоимости пероксидные соединения применяются для реакций, протекание которых в других условиях не возможны, например, реакции эпексидирования [13].

Существует два основных способ окисления органических соединений:

- Радикально-цепное окисление
- Гетерогенно-каталитическое окисление

Рассмотрим каждый из способов по подробнее.

1.6.3 Радикально-цепное окисление

Данный процесс характерен для окисления по насыщенному атому углерода. По радикально-цепному механизму окисляются:

- 1) парафины и их производные

- 2) циклопарафины и их производные
- 3) боковые цепи алкилароматических углеводородов

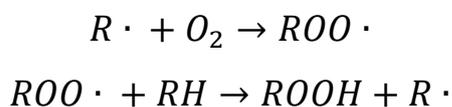
Основными продуктами могут быть спирты, карбоновые кислоты и их ангидриды, гидропероксиды.

Этот процесс осуществляется преимущественно в гомогенных условиях в жидкой фазе. Радикально-цепное окисление можно разделить на две основные группы [14]:

- Автоокисление (термическое)
- Под действием катализаторов (соли металлов переменной валентности)

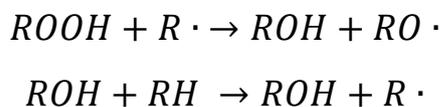
Продуктами окисления по радикально-цепному механизму являются: спирты, кетоны, альдегиды, карбоновые кислоты и некоторые другие соединения. В качестве промежуточных активных частиц выступают радикалы со свободной валентностью на атоме углерода ($R\cdot$) или на кислородных атомах ($ROO\cdot$, $RCOOO\cdot$)

На первой стадии протекания процесса образуются гидропероксиды [12].

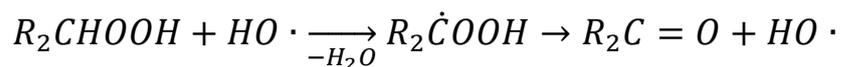


Реакция взаимодействия пероксидного радикала с углеводородом является определяющей строение продуктов окисления и гидропероксидов. Реакционная способность определяется относительной стабильностью радикала $R\cdot$ (трет- \rightarrow втор- \rightarrow перв-). Преимущественным местом атаки молекулы при окислении алкилароматических соединений становится α -положение боковой цепи, а для олефинов – аллильное положение.

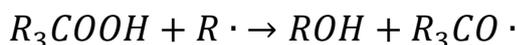
Гидропероксиды при разложении под действием повышенной температуры образуют гидроксильные и карбонильные группы. Образование спиртов идет следующим образом [12]:



Из вторичных радикал-гидропероксидов происходит образование кетонов:



При окислении третичных гидропероксидов образуются помимо спирта с тем же числом атомов углерода также спирт и кетон с меньшим числом. Происходит деструкция С-С связи:



Рассмотренные механизмы характерны для некаталитического окисления при средних температурах.

1.6.4 Гетерогенно-каталитическое окисление углеводородов

Гетерогенно-каталитическое окисление используют в тех процессах, которые невозможно, по ряду причин, осуществить радикально-цепным механизмом. Важнейшими среди них являются [13]:

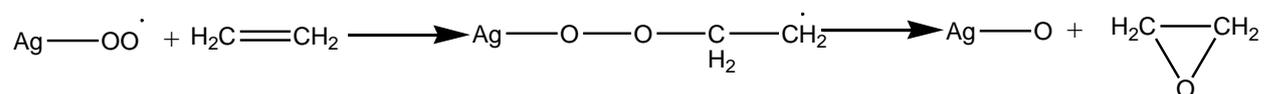
- 1) Окисление олефинов по насыщенному атому углерода с сохранением двойной связи.
- 2) Окислительный аммонолиз олефинов и других углеводородов с получением нитрилов.
- 3) Окисление ароматических и других углеводородов с образованием внутренних ангидридов ди- или тетракарбоновых кислот.
- 4) Прямой синтез этиленоксида.

В качестве катализаторов широкое применение нашли следующие:

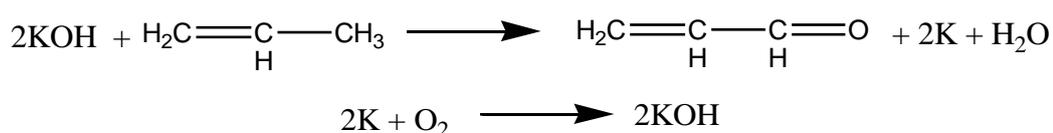
- Металлы – Cu и Ag
- Оксиды переходных металлов – CuO + Cu₂O, V₂O₅
- Смеси оксидов и соли переходных металлов – ванадаты, станнаты, вольфраматы и молибданаты цинка, кобальта и висмута (ZnO·V₂O₅, CoO·WO₃)

Главную роль в данных процессах играет адсорбция реагентов на поверхности контакта. Кислород очень быстро сорбируется на металлах с последующим проникновением в поверхностный слой. Углеводороды в свою очередь слабо собираются на поверхности металла и этот процесс чаще всего обратим. Более прочную связь они образуют с оксидными и солевыми катализаторами.

В гетерогенно-каталитическом окислении существует два механизма протекания процесса. В одном из них происходит адсорбция углеводорода на окисленной поверхности катализатора, на первой стадии углеводород сорбируется по ион-радикалу кислорода, на второй – взаимодействует с кислородом с образованием продуктов окисления. Примером данного механизма может послужить синтез этиленоксида.



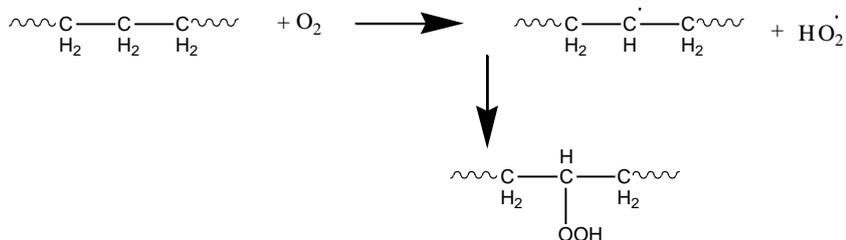
Второй распространенный тип взаимодействия называют окислительно-восстановительным. Углеводород в начале сорбируется на поверхности металла, а затем вступает в взаимодействие с кислородом решетки катализатора. При этом происходит восстановление металла до низшего валентного состояния, а после снова происходит взаимодействие металла с кислородом, и металл переходит в первоначальное состояние.



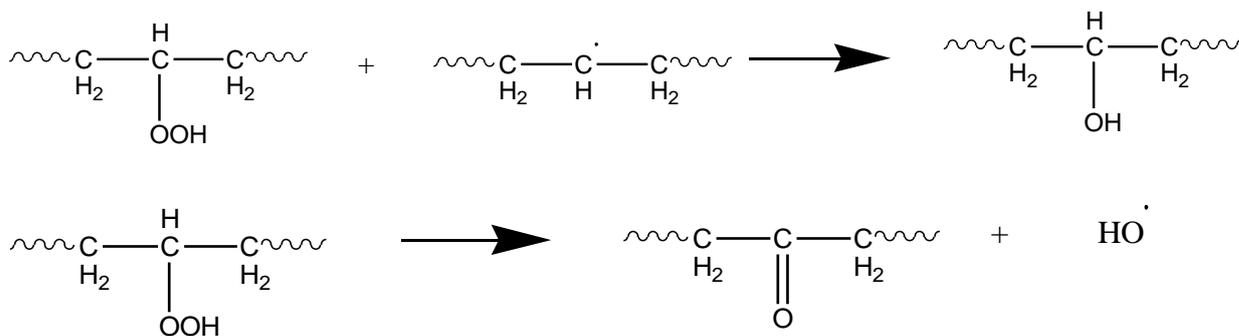
Этот механизм характерен для окисления олефинов и метилбензолов.

1.7 Механизм основной реакции

Окисление атактического полипропилена происходит по радикально-цепному механизму в жидкой фазе. В качестве окислительного агента используется кислород воздуха. На первой стадии образуются гидропероксиды.

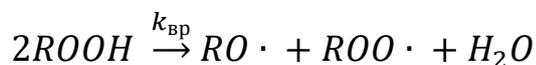
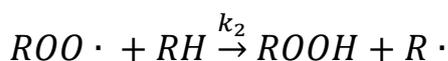
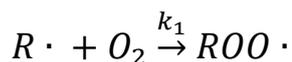


На второй стадии гидропероксиды при разложении под действием повышенной температуры образуют гидроксильные и карбонильные группы.



1.8 Кинетика радикально-цепного окисления

Некаталитическое окисление на практике используют только для получения гидропероксидов и пероксикилот. В этом случае кинетика процесса определяется следующими элементарными стадиями [12]:



Методом стационарных концентраций получаем уравнение для скорости реакции [12]:

$$r = k_2[ROO \cdot][RH] = k_2 \sqrt{k_{\text{вп}}/k_t} [RH][ROOH]^{0.5n}$$

Исходя из уравнения можно сделать вывод, зависимость между скоростью процесса и концентрацией, парциальным давлением кислорода отсутствует. Однако при сильном снижении этих величин скорость первой стадии продолжения цепи может настолько упасть, что она окажется лимитирующей и обрыв цепи будет происходить на алкильных радикалах [13]:



В результате аналогичным образом получим уравнение:

$$r = k_1 \sqrt{k_{\text{вп}}/k'_t} [O_2][ROOH]^{0.5n}$$

Из этого можно сделать вывод, при различных условиях обрыва цепи зависимость скорости от парциального давления кислорода изображается кривой с насыщением (рис), обычно наступающим при давлении ≈ 100 гПа.

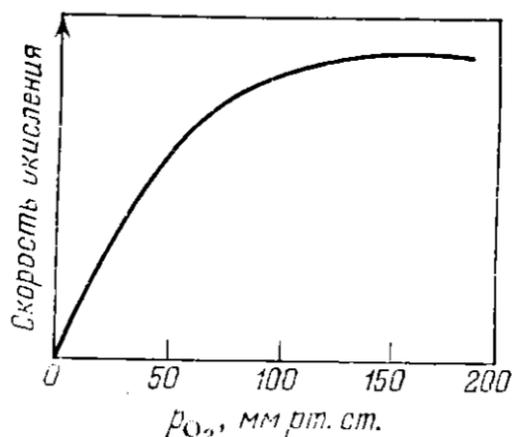


Рисунок 3 – зависимость скорости гомогенного окисления от парциального давления [12]

Из полученных зависимостей видно, что для интенсификации начальной стадии окисления выгодно добавлять в исходную смесь готовый гидропероксид. Это получило широкое распространение на практике.

2 Объект и метод исследования

2.1 Атактический полипропилен

Атактический полипропилен – каучукоподобное, мягкое, эластическое вещество, светло-желтого цвета, очень хорошо растворяется в органических растворителях (гептан). [15].

В качестве сырья используется АПП Г/Б производства завода полипропилена ООО «Томскнефтехим», имеющего следующие характеристики (ТУ 2211-056-0579-6653-98) представленные в таблице 2 [2]:

Таблица 2 – Свойства АПП [2]

Средневязкостная молекулярная масса (M^{η})	40000
Точка плавления, °С	160
Глубина проникновения иглы	
при 25°С и нагрузке 100 г; 0,1 мм	20
Вязкость при 180°С, сП	15000
Содержание примесей изотактической фракции, мас.%	38,0
Содержание примесей изотактической фракции, мас.%	2,9

2.2 Продукт

ОАПП представляет собой аморфный термопластичный материал, проявляющий повышенные адгезионные свойства из-за наличия в структуре макромолекулы полярных карбонильных гидроксильных функциональных групп и двойных углерод-углеродных связей [16]

Окисленный атактический полипропилен используется для приготовления [17]:

- битумно-полимерных вяжущих материалов;
- строительных мастик для аэродромов;

- антикоррозионных грунтовок, покрытий и шпатлевок; водостойких и антиобледенительных составов;
- полимер-полимерных и полимер-минеральных композиций;
- клеев для липких лент и клеев-расплавов, используемых в строительстве; в нефтехимической промышленности в качестве многофункциональных присадок к смазочным маслам и дизельному топливу;
- а также в резинотехнической промышленности в качестве ингредиента резиновых смесей.

Антикоррозионные составы на основе битумов и ОАПП особенно эффективно защищают поверхность стальных нефте- и газопроводов.

2.3 Выбор и обоснование технологической схемы производства

ОАПП получают различными способами. Рассмотрим краткую характеристику методов и выберем оптимальный. Один из способов – окисление проводят в расплаве АПП. Проводят окисление расплава атактического полипропилена молекулярной массы 20000–40000 а.е.м. кислородом воздуха при температуре 180–250°C в течение 1–6 часов и расходе воздуха 0,6–1,9 л/мин [2]. Установка для получения ОАПП по непрерывной технологической схеме синтеза, содержит три последовательно соединенных реактора барботажного типа при отношении высоты реактора к его диаметру в пределах 2,0–5,0 и устройство для подачи воздуха, снабженное диспергирующей насадкой с прорезями по периметру нижней кромки с отношением диаметра насадки к диаметру реактора 0,25–0,50. Насадка на конце барботера выполняет три функции одновременно: равномерно распределяет и диспергирует воздух в реакционной массе; перемешивает реакционную массу за счет архимедовой подъемной силы, поднимающей газожидкостную смесь с меньшей плотностью вверх реактора, и предохраняет ее от локальных перегревов у стенок реактора; защищает переливы между реакторами от забивки кусками не расплавившегося полимера, которые имеют большую плавучесть в газожидкостной реакционной массе.

Также известен способ получения окисленного атактического пропилена, когда процесс окисления проводят в растворе. В качестве растворителя, как правило используется гептан. Данный метод реализуется в реакторе барботажного типа периодического действия. Температура процесса составляет порядка 100°C. Окисление осуществляется кислородом воздуха в течение 5 часов. В качестве преимуществ данного метода можно отметить, что процесс проводится в менее жестких условиях. Это уменьшает выход нежелательных побочных продуктов термоокислительной деструкции. А также более низкую температуру проведения процесса и использование всего одного реактора, что существенно снижает энергозатраты.

2.4 Описание технологической схемы окисления атактического полипропилена

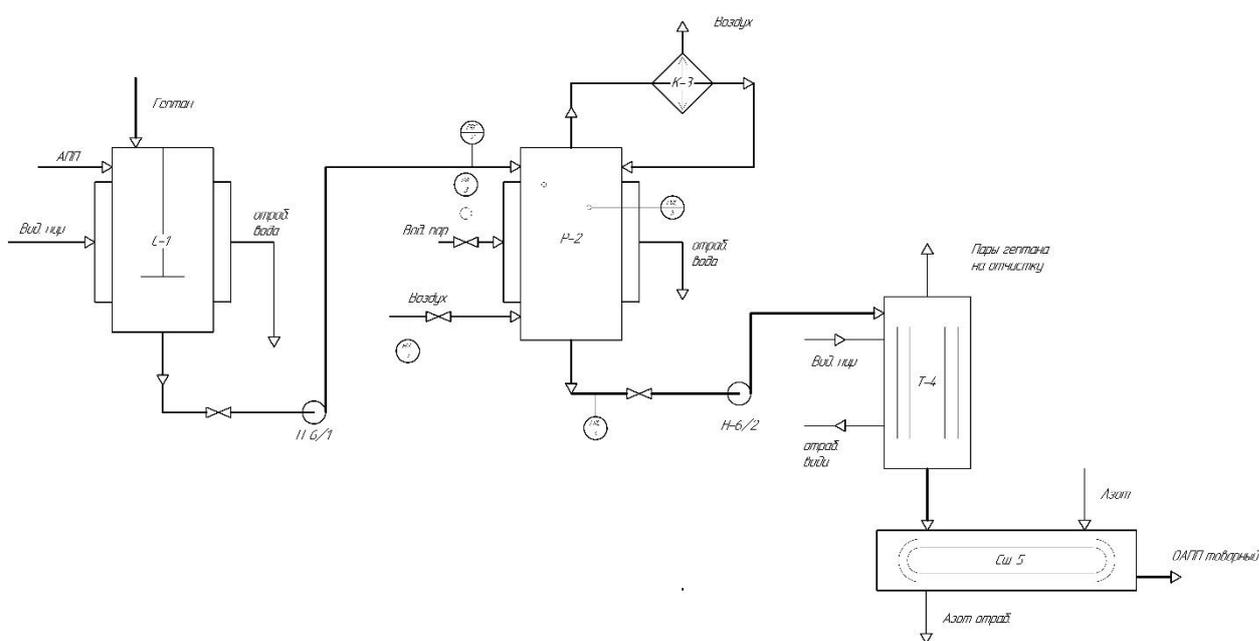


Рисунок 4 – Блок-схема окисления АПП

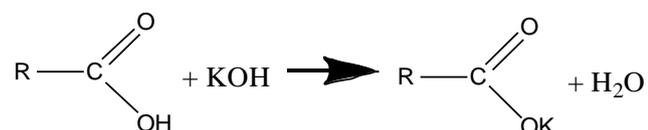
Приготавливают раствор АПП в гептане, для этого в смеситель поз. С-1 подают гептан и АПП, затем при температуре 50°C выдерживают до полного растворения АПП. После полученный раствор подают в барботажный реактор поз. Р-2 периодического действия, работающий под атмосферным давлением. Нагрев проводят в течение 2 часов до температуры проведения реакции.

Окисление проводят в течение 5 часов при температуре 90°C. Пары гептана и отработанный воздух удаляются из верхней части аппарата и подаются в конденсатор поз. К-3. После конденсатора гептан возвращается обратно в реактор. Полученный раствор ОАПП в гептане отправляют на выпаривание поз. Т-4 до 20%-го содержания гептана в продукте. Остальная часть гептана удаляется в процессе сушки поз Сш-5. Сушку проводят до содержания гептана в конечном продукте 1-3%.

2.5 Аналитический контроль

Аналитический контроль ОАПП проводится методом определения кислотного числа. Кислотное число (коэффициент кислотности) – количество едкого калия (КОН) в мг, израсходованного на нейтрализацию кислых соединений, содержащихся в 1г анализируемого продукта. Характеризует содержание в веществе свободных кислот [18].

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



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

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

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

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

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

$$K = \frac{C_{н\text{КОН}}}{0,1}$$

Кислотное число (КЧ) вычисляли по формуле:

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

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

2.6 Описание средств автоматизации и приборов контроля производства

Узел окисления атактического полипропилена регулируется и контролируется регулируется следующими приборами:

Расход подачи воздуха в реактор поз. Р-2 в процессе окисления контролируется с помощью прибора FRC-1.

Расход подачи раствора АПП в гептане в реактор поз. Р-2 контролируется с помощью прибора FRC-2.

Контроль температуры процесса окисления осуществляется прибором TRC-3.

Расход раствора ОАПП после проведения окисления контролируется прибором FRC-4.

Давление внутри реактора регистрируется прибором PRC-5.

Таблица 3 – Технологический контроль узла сероочистки метана

	Контролируемый параметр	Средства контроля	Ед. изм.	Предельно-допустимые параметры	Кто контролирует
1	Расход подачи воздуха в реактор поз. P-2	Расходомер FRC-1	кг/с	0,15-2	аппаратчик непрерывно по прибору с записью в журнале каждый час
2	Расход подачи раствора АПП в гептане в реактор поз. P-2	Расходомер FRC-2	кг/с	0,5-1	аппаратчик
3	Температура в реакторе окисления поз. P-2	TRC-3	°C	90-100	аппаратчик непрерывно по прибору с записью в журнале каждый час
4	Расход раствора ОАПП после проведения окисления	Расходомер FRC-4	кг/с	0,4-1	аппаратчик
5	Давление в реакторе окисления поз. P-2	манометр PRC-3	кг/см ²	до 10	аппаратчик непрерывно по прибору с записью в журнале каждый час

4. Финансовый менеджмент

Суть данной работы заключается в проектировании узла окисления атактического полипропилена (АПП), который состоит из трех основных стадий:

- растворение АПП в гептане;
- окисление АПП;
- выделение целевого продукта (АПП).

В работу входит теоретическое описание самого процесса окисления, описание технологии и технологические расчеты узла производства (материальный баланс, тепловой баланс, расчет основного аппарата — реактора барботажного типа).

Основываясь на теоретических данных, а также на результатах расчетов, создаются чертежи основного аппарата и технологической схемы узла окисления АПП.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Окисленный атактический полипропилен (ОАПП) предназначен для нефтехимической и резинотехнической отраслей промышленности с целью получения продуктов с улучшенными вязкостными, смазывающими, термоокислительными, антиоксидантными свойствами.

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

При ведении собственного производства необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с позиции

ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями.

В таблице 1 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства ОАПП.

Таблица 17 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Выход продукта	0,11	10	8	7	1,1	0,88	0,77
2. Простота эксплуатации узла	0,05	8	7	7	0,4	0,35	0,35
3. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,09	10	9	9	0,9	0,81	0,81
4. Надежность	0,12	10	10	10	1,2	1,2	1,2
5. Безопасность эксплуатации оборудования	0,1	9	8	8	0,9	0,8	0,8
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,09	9	8	8	0,81	0,72	0,72
2. Уровень проникновения на рынок	0,06	7	7	7	0,42	0,42	0,42
3. Цена	0,1	7	7	9	0,7	0,7	0,9
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	10	10	10	0,8	0,8	0,8
5. Финансирование научной разработки	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
6. Срок выхода на рынок	0,07	7	7	7	0,49	0,49	0,49
7. Наличие сертификации разработки	0,05	8	8	8	0,4	0,4	0,4
Итого	1				8,52	7,97	8,06

Б_ф – продукт проведенной работы;

Б_{к1} – «ПАО «Уфаоргсинтез»

Б_{к2} – ООО «Ставролен».

Различия выхода продукта связаны с использованием различных растворителей и окислительных агентов. Удобство в эксплуатации обосновывается соответствием требований потребителей к продукту. Критерий надежности обозначает срок службы аппаратов, который зависит от

конструкции и используемых материалов. Очень важно обеспечение безопасности, т.к. на производстве идет работа с высокими температурами. У каждого производителя разные меры обеспечения безопасности. Простота эксплуатации – немаловажный критерий, поскольку сложность управления процессом значительно замедляет его.

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT– (Strengths – сильные стороны, Weaknesses – слабые стороны, Opportunities – возможности и Threats – угрозы) – это комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табл. 17.

Таблица 17 – Первый этап SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Экологичность технологии</p> <p>С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями</p> <p>С3. Использование отходов производств в качестве сырья</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Долгий срок поставок материалов, используемых при проведении исследования</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования</p> <p>У3. Развитая конкуренция технологий производства</p>		

Интерактивные матрицы представлены в таблицах 18,19, 20, 21.

Таблица 18 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3
	B1	+	+	+
	B2	+	+	+

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	-	-
	B2	-	-

Таблица 20 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта				
Угрозы		C1	C2	C3
	У1	+	-	+
	У2	-	-	+
	У3	+	-	+

Таблица 21 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта			
Угрозы		Сл1	Сл2
	У1	+	+
	У2	+	+
	У3	-	+

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа(табл. 22).

Таблица 22 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Экологичность технологии</p> <p>С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями</p> <p>С3. Использование отходов производств в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии)</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Долгий срок поставок материалов, используемых при проведении исследования</p> <p>Сл2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p>	<p>Проведение процесса окисления в растворе при более низких температурах</p>	<p>По причине большого срока поставок необходимых для исследований материалов возможно отставание от конкурентов с последующим падением спроса на продукцию</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования</p> <p>У3. Развитая конкуренция технологий производства</p>	<p>Экологичность выбранной технологии, а также использование отходов в качестве сырья вполне способны ослабить влияние перечисленных угроз.</p>	<p>При задержках в поставках используемых материалов и одновременном развитии конкуренции технологии обогащения есть риски потери занятой ниши рынка. При добавлении к этому несвоевременного финансового обеспечения угроза потери рынка значительно возрастает.</p>

4.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 23 — Морфологическая матрица для методов получения окисленного атактического полипропилена

	1	2	3
А. Сырье	Атактический полипропилен	Атактический полипропилен	Атактический полипропилен
Б. Растворитель	Гептан	Гептановая фракция бензина	Ксилол

Продолжение таблицы 23

В. Способ проведения процесса	В растворе	В растворе	В растворе
Г. Способ получения сырья	Отход производства полипропилена	Целевой продукт	Отход производства полипропилена

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (табл. 24)

Таблица 24 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр,
	4	Патентный обзор литературы	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр

Продолжение таблицы 24

Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	8	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка технологии получения ОАПП	Бакалавр
	10	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	11	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	12	Составление пояснительной записки	Бакалавр

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож\ i}$ используется формула (4):

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (4)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i – ой работы, чел. – дн.;

$t_{\min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.;

$t_{\max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел. – дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (5)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.–дн;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Результаты расчетов занесены в табл. 24

Таблица 24 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоемкость работ									Исполнители	Т _р , раб. дн.			Т _р , кал. дн.		
		t _{min} , чел-дн.			t _{max} , чел-дн.			t _{ож} , чел-дн.				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
1	Составление технического задания	0,4	0,4	0,4	1	1	1	0,64	0,64	0,64	Р	0,16	0,16	0,16	0,24	0,24	0,24
		0,4	0,4	0,4	1	1	1	0,64	0,64	0,64	Б	0,16	0,16	0,16	0,24	0,24	0,24
		0,4	0,4	0,4	1	1	1	0,64	0,64	0,64	К ¹	0,16	0,16	0,16	0,24	0,24	0,24
		0,4	0,4	0,4	1	1	1	0,64	0,64	0,64	К ²	0,16	0,16	0,16	0,24	0,24	0,24
2	Выбор направления исследований	0,6	0,6	0,6	2	2	2	1,2	1,2	1,2	Р	0,6	0,6	0,6	0,9	0,9	0,9
		0,6	0,6	0,6	2	2	2	1,2	1,2	1,2	Б	0,6	0,6	0,6	0,9	0,9	0,9
3	Подбор и изучение материалов	5	5	5	10	10	10	7	7	7	Р	3,5	3,5	3,5	5,25	5,25	5,25
		5	5	5	10	10	10	7	7	7	Б	3,5	3,5	3,5	5,25	5,25	5,25
4	Литературный обзор	8	8	8	10	10	10	8,8	8,8	8,8	Б	8,8	8,8	8,8	13,2	13,2	13,2
5	Календарное планирование работ по теме	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,7	1,05	1,05	1,05
		1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Б	0,7	0,7	0,7	1,05	1,05	1,05
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Б	9,8	9,8	9,8	14,7	14,7	14,7
7	Оценка эффективности и результатов	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	1,7	2,55	2,55	2,55
		6	6	6	8	8	8	6,8	6,8	6,8	Б	3,4	3,4	3,4	5,1	5,1	5,1
8	Определение целесообразности проведения ВКР	5	5	5	6	6	6	5,4	5,4	5,4	Р	2,7	2,7	2,7	4,05	4,05	4,05
		5	5	5	6	6	6	5,4	5,4	5,4	Б	2,7	2,7	2,7	4,05	4,05	4,05
9	Разработка производства ОАПП	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	Б	3,4	3,4	3,4	5,1	5,1	5,1

Продолжение таблицы 24

10	Оценка эффективност и производства	8	8	8	10	10	10	8, 8	8, 8	8, 8	Б	4,4	4, 4	4, 4	6, 6	6, 6	6, 6
		8	8	8	10	10	10	8, 8	8, 8	8, 8	К ¹	4,4	4, 4	4, 4	6, 6	6, 6	6, 6
11	Разработка СО	6	6	6	9	9	9	7, 2	7, 2	7, 2	Б	3,6	3, 6	3, 6	5, 4	5, 4	5, 4
		6	6	6	9	9	9	7, 2	7, 2	7, 2	К ²	3,6	3, 6	3, 6	5, 4	5, 4	5, 4
12	Составление пояснительно й записки	10	10	10	15	15	15	12	12	12	Б	12	12	12	18	18	18

Р – руководитель

Б – бакалавр

К¹ – консультант по экономической части

К² – консультант по социальной ответственности

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем, поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график (табл. 17), на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для этого необходимо воспользоваться формулой (6):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (6)$$

где T_{ki} – время выполнения i – й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i – й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле (7):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 90 - 28} = 1,5 \quad (7)$$

где $T_{\text{кал}}$ —количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ — количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ — количество праздничных дней в году.

Таблица 25 – Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	$T_{кi}$, дней	Продолжительность выполнения работ														
			февраль		март			апрель			май						
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	0,24															
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,9															
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	5,25															
Патентный обзор литературы	Бакалавр	13,2															
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	1,05															
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	14,7															
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	2,55 5,1															

Продолжение таблицы 25

Вид работы	Исполнители	T _{кi} , дней	Продолжительность выполнения работ													
			февраль		март			апрель			май					
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	4,05								■						
Разработка технологии окисления атактического полипропилена	Бакалавр	5,1								■	■					
Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант ЭЧ	6,6									■	■				
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	5,4										■	■			
Составление пояснительной записки	Бакалавр	18												■	■	■

Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
■	■	■	■

4.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на основное оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения данной ВКР требуются материальные затраты на:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).

Материальные затраты данного НТИ представлены в табл. 26.

Таблицы 26 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., Тыс. руб.			Затраты на материалы, (З _м), тыс. руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
АПП	т	0,1	0,1	0,1	40	50	40	4	5	4
Гептан	т	0,86	-	-	75			64,5	-	-
Гептановая фракция бензина	т	-	0,86	-	-	86	-	-	73,96	-
Ксилол		-	-	0,86	-	-	80	-	-	68,7
Вода	т	3	3	3	2,1	2,1	2,1	6,3	6,3	6,3
Итого:								74,8	85,26	79

Таблица 27 – затраты на оборудование для научно-экспериментальных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Реактор	1	1000000	1000000
2.	Емкость для приготовления раствора	1	500000	500000
3.	Сушилка конвейерная	1	750000	750000
4.	Выпарной аппарат	1	600000	600000
Итого				2850000

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}}, \quad (8)$$

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость, руб;

$T_{\text{пи}}$ – время полезного использования, год.

Результаты расчетов приведены в табл.14.

Таблица 28 – Ежегодные амортизационные отчисления

№ п/п	Наименование оборудования	Общая стоимость оборудования, руб.	Время полезного использования, год.	Годовая амортизация, руб.
1.	Реактор	1000000	10	100000
2.	Емкость для приготовления раствора	500000	10	50000
3.	Сушилка конвейерная	750000	10	75000
4.	Выпарной аппарат	600000	10	60000
Итого				285000

Основная заработная плата исполнителей темы.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (13)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12 – 20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p , \quad (14)$$

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

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб.дн. (табл.30).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (15)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

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

В табл. 29 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 29–Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЦ	Консультант СО
Календарное число дней	365	365	365	365
Количество нерабочих дней				
выходные дни:	90	90	90	90
праздничные дни:	28	28	28	28
Потери рабочего времени				
отпуск:	28	28	28	28
невыходы по болезни:	0	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	219	219	219	219

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (16)$$

где $Z_{\text{тс}}$ –заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Расчет основной заработной платы приведен в табл.30.

Таблица 30– Расчет основной заработной платы

Категория	$Z_{мс}$, руб.	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель							
ППСЗ	12067	0,5	1,3	28237,4	1418,2	12	17018,4
Бакалавр							
ППС1	2410,2	0,5	1,3	5639,9	283,3	68	19261,5
Консультант ЭЧ							
ППСЗ	20081	0,5	1,3	46989,3	2360	5	11800
Консультант СО							
ППСЗ	20081	0,5	1,3	46989,3	2360	5	11800

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп}, \quad (17)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15)

Таблица 31 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зн}$, руб.
Руководитель	17018,4	2552,8	19571,2
Бакалавр	19261,5	2889,2	22150,7
Консультант ЭЧ	11800	1770	13570
Консультант СО	11800	1770	13570

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина этих отчислений определяется по формуле (18):

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (18)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30 %. Однако на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табл. 18.

Таблица 32 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	17018,4	2552,8
Бакалавр	19261,5	2889,2
Консультант ЭЧ	11800	1770
Консультант СО	11800	1770
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	18661,6	

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергии, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4), \quad (19)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16 %. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 481971,8руб.

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в табл.33.

Таблица 33 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	74800	85260	79000	табл. 26
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	2850000	2850000	2850000	табл. 27
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	59879,9	59879,9	59879,9	табл.28
4 Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8982	8982	8982	табл. 28
5. Отчисления во внебюджетные фонды	18661,6	18661,6	18661,6	табл. 28
6. Накладные расходы	481971,8	483645,4	482643,8	16% от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	3494295	3506429	3499167	Сумма ст. 1-6

Как видно из табл. 33 основные затраты НТИ приходятся на накладные расходы и спецоборудование.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

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

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

Таблица 34 — Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.Выход продукта	0,2	5	4	3
2. Повышение производительности труда пользователя	0,15	4	3	3
3. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4	4
4. Надежность	0,2	5	5	5
5. Безопасность эксплуатации оборудования	0,15	4	4	4
6. Конкурентоспособность продукта	0,15	4	4	4
Итого	1	4,55	4,05	4,25

Таблица 35 — Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,996	1	0,998
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	4,05	4,25
3	Интегральный показатель эффективности	4,57	4,05	4,26
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,89	0,93

Вывод: Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что предпочтительно первое исполнение для получения окисленного атактического полипропилена (в качестве сырья АПП как отход производства полипропилена, растворитель гептан).