

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки – 240100 «Химическая технология»

Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект узла полимеризации пропилена

УДК 678.742.3.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Фирсова Ярослава Сергеевна		

Руководитель

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

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	Гусельников Михаил Эдуардович	к. т. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТОВПМ	Юсубов Мехман Сулейманович	д. х. н., профессор		

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



Институт	Институт Природных Ресурсов
Направление подготовки (специальность)	ХТ
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	ТОВПМ
Период выполнения	(осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Студенту:

Группа	ФИО
2д2б	Фирсовой Ярославе Сергеевне

Тема работы:

Проект узла полимеризации пропилена	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к работе	Объектом исследования является технология получения полипропилена методом суспензионной полимеризации пропилена в среде гептана с использованием металлоорганического катализатора (nMgCl ₂ (mTiCl ₄) и сокатализатора
---------------------------------	---

	(Al(C ₂ H ₅) ₃). Процесс непрерывный. Исходные данные: Производительность 20·10 ³ т/год, литературные данные, данные технологического регламента.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	Произведен обзор имеющихся способов получения полипропилена, а так же технико-экономические предпосылки создания производства. Рассмотрены физико-химические основы процесса полимеризации пропилена. Выполнены инженерные расчеты основного реактора полимеризации, предложены конструктивные решения. Проведен финансовый анализ проекта и выявлены опасные факторы и пути их устранения.
Перечень графического материала	1) Технологическая схема 2) Установка полимеризация пропилена 3) Детализованные изображения

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ротарь О.В.	к.х. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2д2б	Фирсова Ярослава Сергеевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Б	Фирсова Ярослава Сергеевна

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	ТОВПМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	химическая технология

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

1 Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, нормативно-правовых документах.
2 Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3 Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта
3 Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
4 Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности проекта узла полимеризации пропилена

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 и бюджет НИИ 4. Расчёт денежного потока 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ 6. Сравнительная эффективность разработки 	
---	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

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
2Д2Б	Фирсова Ярослава Сергеевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО		
2Д2Б	Фирсова Ярослава Сергеевна		
Институт	Природных ресурсов	Кафедра	ТОВПМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объектом исследования является технология получения полипропилена методом суспензионной полимеризации пропилена в среде гептана с использованием металлоорганического катализатора $(nMgCl_2(mTiCl_4))$ и сокатализатора $(Al(C_2H_5)_3)$ в реакторе оснащённом механической лопастной мешалкой и тепловой рубашкой. Процесс является непрерывным. Широкая область применения : в быту, в медицине, в машиностроении, в пищевой промышленности и так далее

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1 Производственная безопасность

1.1 Вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при разработке проектируемого решения:

- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты; (сначала коллективной защиты, затем индивидуальные защитные средства).

1.2 Вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при внедрении объекта исследования:

- повышенная температура поверхности оборудования и материалов
- повышенное давление

	<ul style="list-style-type: none"> - повышенный уровень шума - вибрации, - опасности связанные с нарушением технологии и техники безопасности. <p>1.3 Мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные мероприятия по защите персонала от вредного и опасного воздействия производства, основываясь на выявленные факторы
2 Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> - предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений, - предложены решение по защите селитебной зоны, по защите атмосферы, гидросферы и литосферы.
3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<ul style="list-style-type: none"> - наиболее вероятные чрезвычайные ситуации на производстве полипропилена; - ряд мероприятий, обеспечивающих безопасное ведение технологического процесса; - порядок действий при возникновении ЧС.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	-специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников Михаил Эдуардович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Фирсова Ярослава Сергеевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 74с., брис.,28табл., 21 источников.

Ключевые слова: полипропилен, суспензионная полимеризация, титан-магниевый катализатор, триэтилалюминий

Объектом исследования является (ются) процесс суспензионной полимеризации пропилена

Цель работы – разработать проект узла суспензионной полимеризации пропилена

В процессе исследования проводились расчет материального, теплового баланса и инженерные расчеты

В результате исследования технико-экономических показателей, физико-химических основ, финансового менеджмента, ресурс эффективности и ресурсосбережения, социальной ответственности

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: полимеризация проводится суспензионным способом в ёмкостном реакторе диаметром 2200 мм, оснащённом тепловой рубашкой, лопастной мешалкой, волноотражателем и сальниковым уплотнением

Степень внедрения: планируется

Область применения: полипропилен общего назначения

Экономическая эффективность/значимость работы данный проект значим, ввиду растущего спроса на производимую продукцию

В будущем планируется внедрение рассчитанной установки в эксплуатацию

Сокращения ПП (полипропилен), титан-магниевый катализатор (ТМК), триэтилалюминий (ТЭА)

Аннотация

В данной работе представлен литературных обзор имеющихся способов получения полипропилена, а так же технико-экономические предпосылки создания производства. Рассмотрены физико-химические основы процесса полимеризации пропилен.

Произведен выбор способа проведения процесса, выполнены инженерные расчеты основного реактора полимеризации, предложены конструктивные решения. Проведен финансовый анализ проекта и выявлены опасные факторы и пути их устранения.

Оглавление

Введение.....	11
1 Технико-экономическое обоснование	12
1.1 Производство ПП в России	14
2 Характеристика веществ, участвующих в процессе	15
2.1 Характеристика исходного сырья	15
2.2 Характеристика целевого продукта	18
3 Физико-химические основы производства.....	21
3.1 Вывод уравнения полимеризации.....	21
3.2 Влияние различных факторов на полимеризацию пропилена	23
4 Выбор конструкции основного аппарата	26
5 Технологическая схема производства.....	29
6 Инженерные расчеты.....	Ошибка! Закладка не определена.
6.1 Материальный баланс	Ошибка! Закладка не определена.
6.2 Технологический расчет	Ошибка! Закладка не определена.
6.3 Тепловой баланс	Ошибка! Закладка не определена.
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 30	
7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	30
7.2 Анализ конкурентных технических решений	30
7.3 SWOT-анализ.....	32
7.4 Планирование научно-исследовательских работ	33
7.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	33
7.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	34
7.4.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	37
7.4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	39
7.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	44
7.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..	46
8 Социальная ответственность	Ошибка! Закладка не определена.

8.1 Производственная безопасность	Ошибка! Закладка не определена.
8.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	Ошибка! Закладка не определена.
8.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования ...	Ошибка! Закладка не определена.
8.1.3 Мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов	Ошибка! Закладка не определена.
8.2 Экологическая безопасность.....	Ошибка! Закладка не определена.
8.2.1 Защита атмосферы.....	Ошибка! Закладка не определена.
8.2.2 Защита гидросферы.....	Ошибка! Закладка не определена.
8.2.3 Защита литосферы.....	Ошибка! Закладка не определена.
8.3.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Ошибка! Закладка не определена.
8.3.1 Порядок действий при возникновении пожара	Ошибка! Закладка не определена.
8.3.2 Порядок действий при разгерметизации	Ошибка! Закладка не определена.
8.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение	48
Список использованной литературы.....	Ошибка! Закладка не определена.

Введение

Быстрый рост производства ПП объясняется большой потребностью в нем в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства благодаря сочетанию ценных свойств и что очень важно, относительно низкой стоимостью.

Промышленность пластмасс выпускает богатый ассортимент полимеров пропилена с различными свойствами в зависимости от условия переработки и назначения изделия.

При полимеризации одновременно получают полимер регулярного и не регулярного строения.

Наибольшую ценность представляет стереорегулярный ПП, так как он обладает более высокими диэлектрическими показателями, высокой ударной прочностью, характеризуется высокой стойкостью к истиранию, повышенной термостойкостью (температура плавления 160-165°C), ударной прочностью, легкой переработкой, а так же химической стойкостью.

Благодаря этим свойствам ПП находит широкое применение в химической, легкой и пищевой, авиационной, текстильной промышленности, в машиностроении, приборо- и судостроении, а также в медицине и в сельском хозяйстве.

Поэтому актуальной задачей является проектирование установки крупнотоннажной полимеризации пропилена.

1 Техничко-экономическое обоснование

В связи с постоянным ростом спроса на изделия из ПП необходимо создание крупнотоннажных производств этого материала с использованием более мягких условий ведения процесса, с меньшим количеством стадий, отходов и как следствие с меньшими экономическими затратами.

Производство ПП началось в 1960-ых годах. Это обусловлено с открытием нового класса металлоорганических катализаторов стереоспецифической полимеризации К. Циглером в 1953 г. В основе данного катализатора хлорид титана и алкилалюминиевые соединения. С их помощью стало возможным получение ПП стереорегулярного строения, который обладает более лучшими качествами, чем иррегулярного строения [1].

Впервые получение ПП на основе катализаторов Циглера-Натта было освоено в 1957-1958 годах. Первопроходцами были компании Montecatini (Италия) и Hercules (США). В основе их технологии был процесс полимеризации пропилена в среде углеводородного растворителя. Данная реакция велась при температуре 50-80°C и давлении 0,6-1,0МПа, в непрерывном режиме. В качестве углеводородного растворителя использовался гексан, а в качестве каталитической системы катализаторы Циглера-Натта первого и второго поколения на основе $TiCl_3$ и сокатализатора $Al(C_2H_5)_2Cl$. Процесс велся в присутствии азота и водорода. После полимеризации суспензия полимера отправлялась на стадию дегазации, где происходило отделение непрореагировавшего сырья и разложение остатков каталитического комплекса с помощью промывки бутанолом. Для более полного удаления остатков катализатора полимер промывали деминерализированной водой с последующим отделением воды от органической фазы. Отработанную воду очищали в отделении регенерации растворителей и установке локальной очистки. Порошок ПП отделяли от растворителя на стадии центрифугирования, после чего осуществляли

сушку влажного порошка потоком горячего азота и отправляли на гранулирование (если необходимо), упаковку и транспортировку.

Получение полимера с использованием данной каталитической системы отличалось низкой производительностью и стереоспецифичностью.

В связи с этим, значительными недостатками являлись:

- Низкая производительность, по сравнению с современными каталитическими системами;
- Большой выход нецелевого атактического ПП из-за низкой активности и стереоспецифичности катализатора;
- Высокая энергоемкость из-за большего количества стадий (разложение каталитического комплекса, регенерация растворителя, очистка вод и так далее);
- Невысокая продуктовая линейка.

Разработка новых более эффективных катализаторов (ТМК) третьего и четвертого поколения на основе тетрахлорида титана и хлорида магния, включающих в свой состав электродонорные соединения, решили возникающие ранее проблемы. Они позволили улучшить стереоспецифичность из-за высокой активности катализатора и позволили упростить технологическую схему получения ПП за счет исключения стадии отмывки полимера.

Так же катализаторы нового поколения позволили создать новые технологии на основе полимеризации в массе с использованием реакторов двух типов: циркуляционный и газофазный [2]. Данный способ плох тем, что используются более жесткие условия полимеризации (при большем давлении) и необходима постоянная циркуляция реакционной массы, но данный способ очень хорош для получения сополимеров пропилена. Для получения гомополимера не целесообразен.

Наряду полимеризации в жидком пропилене, появилась возможность проведения реакции в газовой фазе. Данный процесс протекает в многозоновом реакторе идеального вытеснения. Полимер при этом

получается однородным, выделяющееся тепло отводится за счет испарения жидкого пропилена. Недостатками этого способа является сложное аппаратное оформление, а так же более жесткие требования к однородности частиц катализатора, так как различия в размерах и плотности может привести к сепарации порошка ПП, что понизит марочную гибкость.

1.1 Производство ПП в России

На сегодняшний день в России функционирует семь производств ПП. Общая мощность составляет 1300 тыс.т/год.

Таблица 1 – Предприятия, выпускающие ПП в России

Наименование	Технология	Мощность, тыс.т/год
ООО «Тобольск-Полимер»	INES	500
ООО «Полином»	SPHERIPOL	180
ОАО «Нижекамскнефтехим»	SPHERIPOL	180
ООО «Томскнефтехим»	Montedison	130
ООО «Ставролен»	UNIPOL	120
НПП «Нефтехимия»	SPHERIPOL	100
ОАО «Уфаоргсинтез»	SPHERIPOL	100

Из таблицы 1 видно, что самой используемой технологией является SPHERIPOL, обеспечивающая почти 45% от всего объема производства. Самым мощным производителем - ООО «Тобольск-Полимер», работающий на газофазной технологии INES. Однако, ООО «Томскнефтехим» по прежнему использует технологию Montedison, которая постепенно выводится из эксплуатации или перепрофилируется на выпуск полиэтилена низкого давления. Основной причиной является то, что создание катализаторов Циглера-Натта нового поколения дает возможность получать ПП более эффективно.

2 Характеристика веществ, участвующих в процессе

2.1 Характеристика исходного сырья

В выбранном методе производства полипропилена участвуют такие реагенты как пропилен, гептан, ТЭА, ТМК, азот и водород.

Физические характеристики данных веществ представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Характеристика веществ участвующих в процессе полимеризации пропилена [3]

Вещество	Краткая характеристика	Температура кипения, °С	Плотность, кг/м ³	Теплоемкость при 20°С, кДж/(кг·°С)	Теплоемкость при 70°С, кДж/(кг·°С)
Пропилен	Непредельный (ненасыщенный) углеводород, горючий газ. Вещество с наркотическим действием. Требуемая чистота 99,8%	$T_{\text{кип}} = -47,6^{\circ}\text{C}$	3	1,503	1,522
Гептан	Органическое соединение класса алканов. Гептан и его изомеры — бесцветные жидкости, хорошо растворимые в большинстве органических растворителей, нерастворимые в воде.	$T_{\text{кип}} = 98,42^{\circ}\text{C}$	683	2,328	2,347

Продолжение таблицы 2

Вещество	Краткая характеристика	Температура кипения, °С	Плотность, кг/м ³	Теплоемкость при 20°С, кДж/(кг·°С)	Теплоемкость при 70°С, кДж/(кг·°С)
Азот	Двухатомный газ без цвета, вкуса и запаха. Один из самых распространённых элементов на Земле. Химически весьма инертен. Требуемая чистота 99,99%	T _{кип} = -195,75°С	1,2505	1,020	1,039
Водород	Лёгкий бесцветный газ. В смеси с воздухом или кислородом горюч и взрывоопасен. Нетоксичен. Требуемая чистота 99,99%	T _{кип} = -252,87°С	0,08987	14,252	14,28

В качестве каталитической системы используется катализаторы Циглера-Натта нового поколения.

Механизм полимеризации предполагает строго определенное пространственное расположение заместителей при атоме углерода относительно плоскости основной молекулярной цепи полимера из-за чего полимер получается стереорегулярным.

Конечном продукте будет содержаться не более 5% атактического полипропилена.

В процессе полимеризации участвует мономер – пропилен. Существует множество способов его получения.

В лабораторных условиях пропилен получают:

- Отщеплением галогенводорода от галогеналкилов при действии на них спиртового раствора щелочи;
- Гидрированием пропина в присутствии палладиевого катализатора;
- Дегидратацией изопропилового спирта в присутствии кислот Льюиса;
- Отщеплением двух атомов галогена от дигалогеналканов под действием металлов (цинк и так далее).

В промышленности же пропилен выделяют из газов нефтепереработки, а также из газов коксования угля[4]:

- при крекинге сырой нефти в кипящем слое (процесс фирмы BASF);
- пиролизе бензиновых фракций или попутных газов.

Существует несколько видов пиролиза пропилена:

- пиролиз в трубчатых печах;
- пиролиз в реакторе с кварцевым теплоносителем (процесс фирмы Phillips Petroleum Co.);
- пиролиз в реакторе с коксовым теплоносителем (процесс фирмы Farbwerke Hoechst);
- пиролиз в реакторе с песком в качестве теплоносителя (процесс фирмы Lurgi);
- пиролиз в трубчатой печи (процесс фирмы Kellogg);
- процесс Лавровского — Бродского, автотермический пиролиз по Бартоломе.

Так же в промышленности пропилен получают дегидрированием алканов в присутствии катализатора (Cr_2O_3 , Al_2O_3) или дегидратацией пропанола над оксидом алюминия.

Химические свойства пропилена связаны в основном с его непредельностью (наличием кратной связи).

Пропилен способен участвовать в реакциях присоединения по месту разрыва двойной связи:

- Галогенирование (галогены присоединяются с образованием дигалогенпроизводных);
- Реакция гидрирования (присоединения водорода) с получением нормального алкана;
- Реакции гидратации (присоединение воды), в результате чего получается спирт;
- Гидрогалогенирование, которое протекает по правилу Марковникова (водород присоединяется к более гидрированному атому углерода).
- Горение с образованием углекислого газа и воды;
- Окисление, с образованием гликолей (соединений с двумя гидроксильными группами при соседних атомах углерода);
- Полимеризация.

2.2 Характеристика целевого продукта

Целевым продуктом полимеризации, является полипропилен. Данный полимер получают анионно-координационной полимеризацией пропилена на металлоорганических катализаторах на основе хлорида титана и алкилалюминиевых соединений. В результате полимеризации получают ПП, молекулярная масса которого около 30000-1000000, в зависимости от марки[4].

В ходе полимеризации в конечной смеси находятся изотактический, синдиотактический и атактический полипропилен, отличающиеся расположением боковых CH_3 групп по отношению к главной цепи. Структурные формулы представлены на рисунке 1.

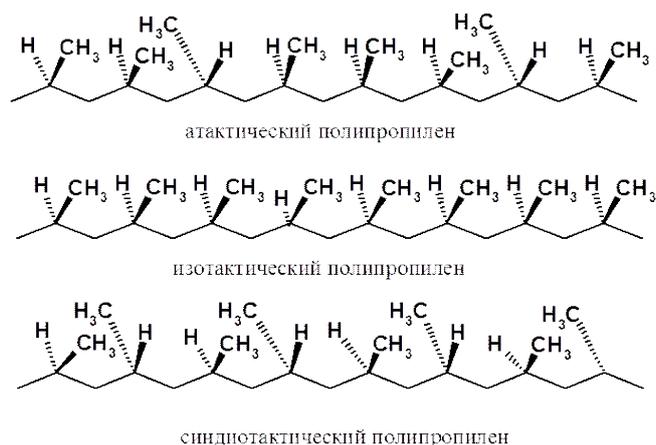


Рисунок 1 - Структурные формулы полипропилена

Большой практический интерес представляет изотактический полипропилен, так как он обладает высокой степенью кристалличности, высокой прочностью, твердостью тепло- и химической стойкостью..

ПП не реагирует почти ни с какими веществами. Единственное, что заметное воздействие на него могут оказывать только сильные окислители такие как азотная кислота. При комнатной температуре незначительно набухает в органических растворителях (ацетон, бензол, толуол, бензин), при температуре выше 100 °С растворяется в толуоле, бензоле [4]. Физические свойства порошка ПП представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Свойства порошка полипропилена [5]

Внешний вид	порошок белого цвета
Температура	(160 -168) °С
Плотность	(900-910) кг/м ³
Удельное объемное электрическое сопротивление	(10 ¹⁶ - 10 ¹⁷) Ом.см

Порошок полипропилена должен выпускаться согласно регламенту и государственному стандарту. Показатели, которым должен соответствовать конечный продукт представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели товарного порошка полипропилена [5]

Наименование показателя	
Показатель текучести расплава, г за 10 мин.	0,2 – 4,0
Массовая доля летучих, %, не более	0,2
Массовая доля золы, %, не более	0,015
Массовая доля атактической фракции, %, не более	5,0
Насыпная плотность, г/ дм ³ , не менее	450
Массовая доля порошка с размером частиц менее 63 мкм, %, не более	1

При производстве полипропилена, образуется атактический ПП, который является побочным продуктом. Он представляет собой мягкий, эластичный и каучукоподобный материал. Однако его свойства далеки от синтетического или натурального каучука. Его стараются отделять от целевого изотактического ПП, так как он ухудшает его качества. И в последнее время стали разрабатывать способы его переработки, в основном это окисление.

3 Физико-химические основы производства

Анионно-координационная полимеризация алкенов отличается от ионной тем, что акту присоединения мономера предшествует его координация на активном центре или катализаторе. В качестве катализаторов наибольшее распространение получили комплексные соединения трех типов [6]:

- 1 Соединения Циглера – Натта,
- 2 π -аллильные комплексы переходных металлов,
- 3 Оксидно-металлические катализаторы.

Процесс присоединения мономера к растущей макромолекуле при помощи координационных комплексов включает следующие основные стадии [5]:

- 1 Диффузию молекулы мономера к поверхности твердого катализатора, содержащего активный центр;
- 2 Адсорбцию и ориентацию мономера на поверхности катализатора (образование комплекса);
- 3 Соединение мономерного звена, вошедшего в комплекс, с активным центром, сопровождающееся переходом активного центра на вновь присоединившееся звено;
- 4 Отделение от катализатора полимеризационных звеньев.

Ниже рассмотрим механизм действия вышеназванных каталитических систем стереоспецифического действия.

3.1 Вывод уравнения полимеризации

Для того чтобы вывести уравнение скорости полимеризации с участием катализаторов Циглера – Натта, делают ряд допущений [6]:

- а) рост полимерных цепей происходит на поверхности твердого катализатора;
- б) общее число активных центров постоянно и равно сумме центров инициирования (n_i) и роста цепи (n_p): $n = n_i + n_p$;

в) ограничение размера цепи может обуславливаться:

обрывом цепи (K_0),

обрывом цепи на катализаторе (K'_0),

взаимодействием макроаниона с примесями X (K''_0),

передачей цепи на мономер (K_M);

г) K_P и K_0 не зависят от длины активного центра.

Скорость иницирования $V_{ин} = K_{ин} \cdot n_{ин} \cdot [M]$;

Скорость роста цепи $V_p = K_p n_p [M]$

Скорость обрыва полимерных цепей $V_0 = K_0 n_p + K'_0 n_p [K] + K''_0 n_p [X]$

При достижении стационарного процесса выполняется условие $V_{ин} = V_0$,

то есть

$$K_{ин} n_{ин} [M] = K_0 n_p + K'_0 n_p [K] + \sum K''_0 n_p [X],$$

$$K_{ин} n_{ин} [M] = n_p \{K_0 + K'_0 [K] + \sum K''_0 [X]\},$$

$$n_p = \frac{K_{ин} n_{ин} [M]}{K_0 + K'_0 [K] + \sum K''_0 [X]},$$

$$n = n_{ин} + n_p,$$

$$n_{ин} = n - n_p,$$

$$K_{ин} n [M] - K_{ин} n_p [M] = K_0 n_p + K'_0 n_p [K] + \sum K''_0 n_p [X],$$

$$K_{ин} n [M] = n_p \{K_0 + K'_0 [K] + \sum K''_0 [X] - K_{ин} [M]\},$$

$$n_p = \frac{K_{ин} n [M]}{K_0 + K'_0 [K] + \sum K''_0 [X] - K_{ин} [M]}.$$

Подставляя выражение n_p в уравнение скорости полимеризации, получаем:

$$V_p = K_p n_p [M] = \frac{K_p K_{ин} n [M]^2}{K_{ин} [M] + K_0 + K'_0 [K] + \sum K''_0 [X]},$$

$$n_{ин} = \frac{V_{ин}}{K_{ин} [M]}, \quad n_p = \frac{V_p}{K_p [M]}, \quad n = n_{ин} + n_p,$$

$$n = \frac{V_{ин}}{K_{ин} [M]} + \frac{V_p}{K_p [M]} = \frac{1}{[M]} \left(\frac{V_{ин}}{K_{ин}} + \frac{V_p}{K_p} \right).$$

Анализ зависимости P_n от времени реакции показал, что на начальной

стадии ее значение быстро растет с увеличением глубины полимеризации, после чего она повышается значительно медленнее.

Следует заметить, что полимер, образующийся при полимеризации на гетерогенных катализаторах Циглера – Натта, имеет широкое ММР у полипропилена порядка 5–15. Такое широкое ММР может быть обусловлено активностью отдельных активных центров, длительностью достижения стационарного состояния, лимитирующей ролью диффузионного фактора на заключительных этапах полимеризации.

Энергия активации равна 12,56–62,79 кДж/моль и складывается из энергии активации стадий инициирования, роста и обрыва цепи, а также теплоты стадий адсорбции.

Обычно процесс ведут при 70–100 °С. При более высокой температуре полимеризация не идет стереоспецифично, причем скорость ее вследствие разложения катализатора тоже понижается.

3.2 Влияние различных факторов на полимеризацию пропилена

С увеличением концентрации катализатора возрастает выход полипропилена, возрастает скорость, но снижается молекулярная масса, увеличиваются затраты на разложение катализатора и отмывку полимера от катализатора. Поэтому работают на оптимальных концентрациях не превышающих 1 – 1,5% в реакционной массе. Так как при большем количестве катализатора его осколки будут застревать в полимере разрушать его структуру, что будет приводить к уменьшению молекулярной массы, в результате чего будут ухудшаться его технико- механические показатели.

Что касается влияния формы и размера катализатора, то наиболее выгоден микросферический катализатор, который обеспечивает минимальный разброс полимера по гранулометрическому составу и минимальный выход крупной и мелкой – нежелательной фракции.

Если повышать температуру на 1⁰С , то скорость реакции будет увеличивается примерно на 6%, но при этом снижается молекулярная масса полимера. Оптимальный температурный интервал процесса полимеризации

пропилена от 50 – 80 °С, выше 80 °С – становится трудно управлять процессом.

Во сколько раз увеличивается давление внутри аппарата во столько же раз увеличивается и скорость полимеризации, но одновременно с увеличением давления резко увеличивается растворимость пропилена в гептане, а значит возрастают затраты на испарение пропилена не вступившего в реакцию и затраты на конденсацию паров растворителя.

Выход полипропилена на единицу загружаемого катализатора возрастает в 10 раз, при увеличении продолжительности в 20 раз. При этом увеличивается концентрация твердой фазы полипропилена, одновременно ухудшается теплообмен, ухудшается растворимость пропилена и водорода в растворителе. В результате увеличивается полидисперсность полипропилена и затрудняется транспортабельность реакционной массы.

Оптимальной является продолжительность полимеризации от 2 до 4 часов.

Водород является регулятором молекулярной массы. Он выступает в роли агента обрыва полимерной цепи. Поэтому чем больше водорода, тем меньше молекулярная масса.

Растворитель должен удовлетворять следующим требованиям:

- 1 Не взаимодействовать с катализатором и не вступать в реакцию полимеризации или сополимеризации;
- 2 Не должен содержать вредных примесей выше допустимых пределов;
- 3 Растворитель должен иметь упругость паров достаточных при температуре полимеризации для теплосъема (при температуре полимеризации должен быть жидким).
- 4 Должен регенерироваться из смеси с промывными агентами;
- 5 Должен сохранять свои свойства в процессе повторного использования;
- 6 Должен быть доступным, дешевым и малотоксичным.

В качестве растворителей пригодны:

- Бензин экстракционный (температура кипения 75 – 95 °С);
- Гексановая фракция (температура кипения 67 – 86 °С);
- Гептановая фракция (температура кипения 94 – 100 °С);

Гептан, гексан и пропан более удобны в качестве растворителей еще и тем, что они менее всего адсорбируются на катализаторе и легче поддаются очистке.

Нежелательными примесями в реакционной системе являются кислород и вода так как они вступают во взаимодействие с катализаторным комплексом вплоть до самовоспламенения. Поэтому как компоненты катализаторного комплекса, так и сам катализаторный комплекс нельзя долго хранить и транспортировать (они пирофорны). В связи с этим их непосредственно получают на данном производстве и для данного периода. Обязательным условием процесса является полное отсутствие кислорода воздуха и воды в реакционной системе и полимеризацию ведут в среде азота тщательно осушенного и очищенного.

4 Выбор конструкции основного аппарата

Полимеризацию полипропилена проводится в суспензии. Данный способ является экономически выгодным и при этом полимер получается достаточно хорошего качества. При этом более легко осуществлять регулирование температуры процесса, давления и молекулярной массы.

При проведении полимеризации в изотермических условиях получается более однородный продукт.

В качестве реактора используют ёмкостной цилиндрический реактор выполненный из стали. К обечайке аппарата привариваем эллиптическую крышку и днище, так как процесс полимеризации протекает при давлении $P=0,6$ МПа. Приварные элементы приоритетнее, чем элементы соединенные фланцами, так как реактор обеспечивается большей герметичностью.

Для присоединения трубопроводов и контрольно-измерительных приборов служат штуцера. Штуцер приваривают к корпусу. Внутри аппарата не желательно наличие выступающих частей, поэтому штуцера привариваем на уровне с внутренней поверхностью реактора.

Для уплотнения вращающегося вала мешалки используем сальниковое уплотнение. Они позволяют валу свободно вращаться и не пропускать наружу газы и пары, которые находятся в аппарате под давлением, а так же не пропускать воздух внутрь реактора. Они состоят из сальниковой коробки, нажимной втулки, грундбоксы и уплотнительного материала.

Чистота обработки вала под сальниковое уплотнение должна быть высокой.

Назначение грундбоксы – направлять вал мешалки, то есть препятствовать его вибрации и колебаниям при вращении, а также поддерживать уплотнительный материал. Грундбоксы изготавливают из мягкого металла, чтобы вал, соприкасающийся с ней, меньше снашивался.

Сальниковая коробка отливается из чугуна и прикрепляется шпильками к стальной крышке реактора. Если крышка аппарата выполнена из чугуна, то сальниковая коробка отливается вместе с крышкой. В сальниковую коробку

вставляют бронзовую грундбуксу и прочно ее закрепляют при помощи стопорного винта.

Зазор между валом мешалки и сальниковой коробкой заполняется уплотняющей набивкой, в качестве которой применяют льняную плетенку, асбестовый шнур или хлопчатобумажные шнуры круглого или квадратного сечения, пропитанные маслом, воском, синтетическими материалами или графитом. При больших числах оборотов мешалки, высоких давлениях и температурах используют сальники с твердой набивкой, выполненной из разрезанных колец цветного металла, твердых пластмасс или прессованного графита, фторопласта-4.

Нажимная втулка крепится к сальниковой коробке посредством нескольких шпилек (обычно две или четыре). При наличии 2-х шпилек фланцы нажимной втулки имеют форму эллипса, а при 4-х шпильках форму окружности.

Сальниковое уплотнение крепим на бобышку, которая представляет собой фланцы приваренные к крышке реактора.

Так же к крышке реактора для осмотра аппарата, монтажа и демонтажа привариваем люк.

Для установки реактора на несущую конструкцию используем лапы. Для монтажа, подъема и перемещения реактора привариваем монтажные крюки, которые обеспечивают удобную строповку.

Так же для регулирования технологических параметров предусмотрены места крепления измерительных приборов (термопара, манометр, уровнемер).

Так как полимеризация ведется в строгом интервале температур, то для регулирования режима внутри реактора используют рубашку.

На проектируемый реактор привариваем гладкую рубашку выполненную из стали. Она проста в исполнении и обслуживании. Так же внутрь реактора встраиваем дополнительную поверхность теплообмена,

которая выполняет две функции: поддержание температурного режима, а также из-за своей формы предотвращает образование воронки.

Для улучшения массо- и теплообмена и получения равномерной смеси используем лопастную мешалку. Они просты по конструкции, обеспечивают удовлетворительное перемешивание при работе с вязкими жидкостями, могут применяться в аппаратах значительного объема. Для интенсификации перемешивания по высоте реактора устанавливаем две мешалки, а внизу реактора для предотвращения налипания устанавливаем скребок. Мешалку крепим с помощью опорного винта, скребок с помощью концевой гайки. В гайке проделывают отверстие и вставляют шпильку для предотвращения раскручивания гайки.

5 Технологическая схема производства

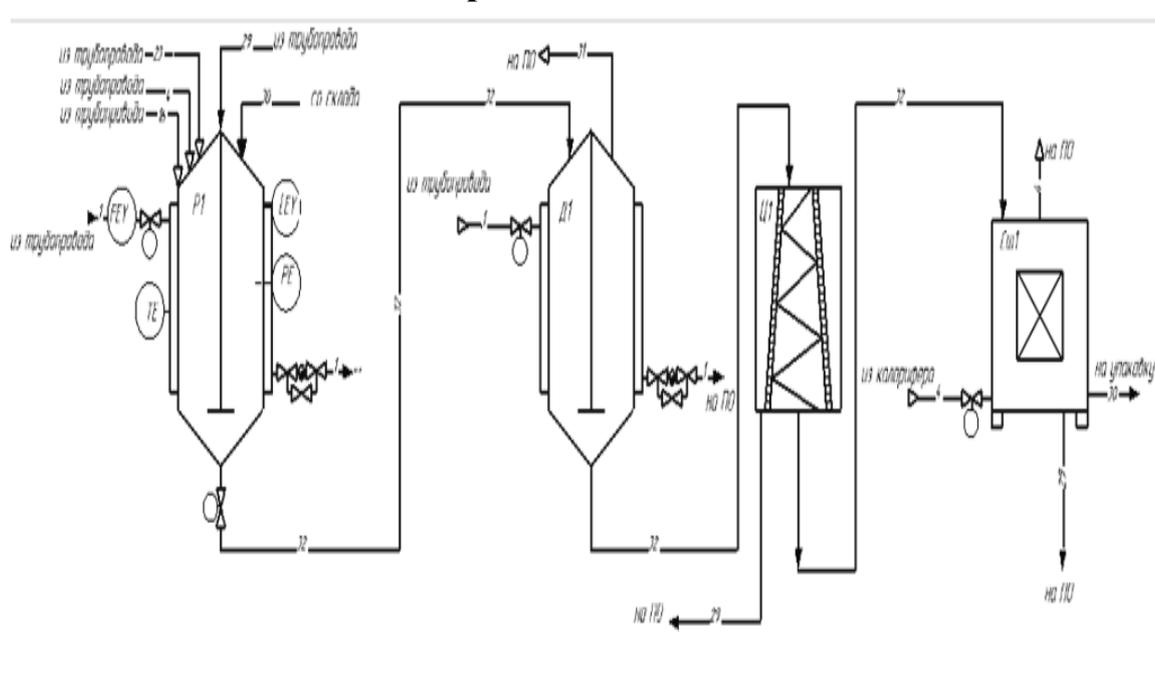


Рисунок 2 – Принципиальная схема полимеризации пропилена.

В реактор полимеризации поступают исходные компоненты при температуре 20°C через штуцеры. В реакторе с помощью рубашки поддерживается температура полимеризации 70°C , сам же процесс протекает в течении двух часов при давлении в аппарате $0,6\text{МПа}$.

Далее полученная суспензия направляется в дегазатор, где непрореагировавший мономер отделяется от полученной смеси в результате снижения растворимости его из-за давления до $0,04\text{МПа}$. Процесс дегазации проводят при температуре 60°C . Попутно с мономером удаляются и другие газообразные реагенты (азот, водород), а также частично гептан с катализатором.

На стадии центрифугирования происходит отделение атактического полипропилена и катализатора растворенного в гептане.

После стадии центрифугирования влажный порошок полипропилена отправляется на сушку горячим азотом предварительно нагретым в калорифере до 120°C .

В итоге сухой порошок полимера гранулируют и упаковывают.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Целью создания данного производства является получение полипропилена методом суспензионной полимеризации пропилена в среде гептана с использованием металлоорганического катализатора, состоящего из твердого компонента - титаномагниевого катализатора ($n\text{MgCl}_2(m\text{TiCl}_4)$) и сокатализатора - триэтилалюминия ($\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$) в реакторе оснащенный механической лопастной мешалкой и тепловой рубашкой. Процесс является непрерывным. Использование данного способа получения позволяет получить полипропилен более регулярной структуры, с лучшими конструкционными качествами, с меньшим количеством стадий и побочного атактического пропилена, что позволяет ему быть конкурентно способным по отношению к полипропилену полученному другими способами.

Полипропилен имеет широкую область применения в химической, легкой и пищевой, авиационной, текстильной промышленности, в машиностроении, приборо- и судостроении, а также в медицине и в сельском хозяйстве.

Таким образом, стоит отметить факт наличия для полученного материала есть свое место для широких перспектив использования, что подтверждает значимость заявленной темы выпускной квалификационной работы.

7.2 Анализ конкурентных технических решений

Целевым рынком являются строительные компании, медицинские учреждения и производители товаров народного потребления.

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 15 приведена оценочная карта, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – полипропилен и его сополимеры [1], к2 – полипропилен общего назначения [2]

Таблица 15 – 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 обогащаемого материала							
1 Твердость	0,1	5	1	3	0,5	0,1	0,3
2 Прочность на удар	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
3 Прочность на изгиб	0,15	5	4	5	0,75	0,6	0,75
4 Теплостойкость	0,15	5	5	5	0,75	0,75	0,75
5 Морозостойкость	0,15	4	3	4	0,6	0,45	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1 Цена	0,15	5	3	3	0,75	0,45	0,45
2 Конкурентоспособность продукта	0,05	3	4	5	0,15	0,2	0,25
3 Уровень проникновения на рынок	0,05	3	4	4	0,15	0,25	0,25
4 Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Итого:	1	40	31	37	4,65	3,5	4,15

Позиция разрабатываемого проекта и конкурента, была оценена по каждому из представленных показателей экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений был определен по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (16)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя в долях;

B_i – балл i -го показателя.

Конкурентоспособность проектируемой разработки выше, по сравнению с полипропиленом и его сополимерами ($K1$), так как имеет более высокие технические критерии. Однако, по сравнению с полипропиленом общего назначения ($K2$), конкурентоспособность находится примерно на одном и том же уровне. Для ее повышения необходимо стремиться к продвижению проектируемого материала на рынке.

7.3 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.

Итоги SWOT-анализа представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Итоги SWOT-анализа:

	Сильные стороны	Слабые стороны
	<p>С1 – Устойчивый рост развития химического производства;</p> <p>С2 – Дешевая рабочая сила;</p> <p>С3 – Низкие цены на УВ сырье.</p>	<p>Сл1 Устаревшие технологии;</p> <p>Сл2 – Дефицит сырья, высокая зависимость от поставщиков;</p> <p>Сл3 – Большие транспортные издержки;</p> <p>Сл3 – Высокая степень изношенности оборудования;</p> <p>Сл4 – Отсутствие эффективной маркетинговой политики.</p>

Продолжение таблицы 16

<p>Возможности В1 – Дальнейший рост производства химической продукции; В2 – Рост цен на химической продукции за счет роста цен на энергоносители; В3 – Переориентация на производство в премиальном секторе; В4 – Снижение энергоемкости и повышение конкурентоспособности отечественной продукции</p>	<p>Внедрение производства полипропилена и быстрое его развитие и освоение рынка</p>	<p>Возможно отставание от конкурентов из-за недостаточно хорошего технического оснащения и плохого освоения рынка</p>
<p>Угрозы У1 – Рост внутренних цен на энергоресурсы; У2 – Утрата конкурентоспособности в секторах высоких пределов; У3 – Быстрый рост импорта; У4 – Усиление ограничений на внешнем рынке против российских товаров</p>	<p>Возможно уменьшать цену за счет дешевезны УВ сырья, как следствие становится более конкурентоспособным, так же можно улучшить маркетинговую политику и техническое оснащение, за счет чего улучшится качество продукции и расширится рынок сбыта</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 финансово-вого обеспечения и занятие ниши импортом увеличивает угрозу потери рынка</p>

7.4 Планирование научно-исследовательских работ

7.4.1 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 (таблица 17).

Таблица 17 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ра б	Содержание работ	Должность исполнителя
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 и проект в виде чертежа	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, бакалавр
	7	Выполнение графической части ВКР	Бакалавр
Проведение ВКР			
	8	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	9	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	10	Составление пояснительной записки	Бакалавр

7.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, так как

зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожi}$ используется формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (17)$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i – ой работы, человеко – днях;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы, человеко – днях;

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (18)$$

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

$t_{ожi}$ – 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 таблицу 4, где Р – руководитель, Б – бакалавр, К¹ – консультант по экономической части, К² – консультант по социальной ответственности.

Таблица 18 – Временные показатели проведения научного исследования:

№	Название работ	Трудоёмкость 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	0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	Р	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	Б	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	К ¹	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	К ²	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Р	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
		0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Б	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
3	Подбор и изучение материалов	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	8,2	8,2	8,2	9,8	9,8	9,8
		7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	8,2	8,2	8,2	9,8	9,8	9,8
4	Патентный обзор литературы	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	8,2	8,2	8,2	9,8	9,8	9,8
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	0,8	0,8	0,8
		1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Б	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	4,1	4,1	4,1	4,9	4,9	4,9
7	Выполнение графической части ВКР	5	5	5	8	8	8	6,2	6,2	6,2	Б	3,1	3,1	3,1	3,7	3,7	3,7
8	Оценка эффективности производства	5	5	5	10	10	10	7	7	7	Б	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
		5	5	5	10	10	10	7	7	7	К ¹	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
9	Разработка СО	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	4,1	4,1	4,1	4,9	4,9	4,9
		7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	К ²	4,1	4,1	4,1	4,9	4,9	4,9
10	Составление пояснительной записки	13	13	13	16	16	16	14,2	14,2	14,2	Б	14	14	14	17	17	17

7.4.3 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 (таблица 5), на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Данный график строится на основе таблицы 4.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой (19):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (19)$$

где T_{ki} – продолжительность 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 (20):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (20)$$

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.

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{140}{140 - 16 - 6} = 1,19.$$

Таблица 19 – Календарный план-график проведения НИОКР:

Вид работы	Исполнители	T _{кi} , дней	Продолжительность выполнения работ												
			февраль		март			апрель							
			2	3	1	2	3	1	2	3	1				
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	0,1	■												
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,6	■												
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	9,8		■											
Патентный обзор литературы	Бакалавр	9,8			■										
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	0,8				■									
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	4,9					■								
Выполнение графической части	Бакалавр	3,7						■							
Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант ЭЧ	4,2							■						
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	4,9								■					
Составление пояснительной записки	Бакалавр	17												■	
Руководитель			Бакалавр			Консультант ЭЧ			Консультант СО						

7.4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- Материальные затраты НТИ;
- 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 таблице 20.

Таблица 20 – Материальные затраты:

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Пропилен	м ³	0,5	0,5	0,5	50	50	50	25	25	25
ТМК+ТЭА	г	50	30	10	60	60	60	3000	1800	600
Азот	м ³	1	1	1	50	50	50	50	50	50
Водород	м ³	1	1	1	50	50	50	50	50	50
гептан	м ³	0,1	0,2	0,3	80	80	80	8	16	24
Итого:								3133	1941	749

Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Таблица 21 – Стоимость оборудования и амортизация:

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1.	Реактор	1	550000	36667
2.	Дегазатор	1	80000	4000
3.	Центрифуга	1	20000	4200
4.	Сушилка	1	40000	2667
5.	Гранулятор		5000	1000
Итого				44934

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}}, \quad (21)$$

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

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

Результаты расчетов приведены в таблице 21.

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:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (22)$$

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:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p , \quad (23)$$

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.16).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} , \quad (24)$$

где Z_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.

В таблице 22 приведен баланс рабочего времени каждого работника НИИ.

Таблица 22 – Баланс рабочего времени:

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант	Консультант
			ЭЧ	СО
Календарное число дней	140	140	140	140
Количество нерабочих дней	16	16	16	16
выходные дни:	6	6	6	6
праздничные дни:				
Потери рабочего времени				
отпуск:	0	0	0	0
невыходы по болезни:	0	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	118	118	118	118

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (25)$$

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{мс}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблица 23.

Таблица 23 – Расчет основной заработной платы:

Категория	$Z_{мс}$, руб.	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дон}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель							
ППСЗ	25000	0,35	1,3	42250	1625	16	26000
Бакалавр							
ППС1	3000	0,35	1,3	5070	195	53	10335
Консультант ЭЧ							
ППСЗ	20000	0,35	1,3	33800	1300	4,2	5460
Консультант СО							
ППСЗ	20000	0,35	1,3	33800	1300	4,2	5460

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 24.

Таблица 24 – Общая заработная плата исполнителей:

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{дон}$, руб.	$Z_{зн}$, руб.
Руководитель	26000	3900	29900
Бакалавр	10335	1550,25	11885,25
Консультант ЭЧ	5460	819	6279
Консультант СО	5460	819	6279

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 (26):

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (26)$$

где $k_{внеб}$ – 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 2016 году водится пониженная ставка – 30,5%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблица 25.

Таблица 25 – Отчисления во внебюджетные фонды:

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	26000	3900
Бакалавр	10335	1550,25
Консультант ЭЧ	5460	819
Консультант СО	5460	819
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,305	
Итого:	19020,11	

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:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4), \quad (27)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16%.

7.4.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 26.

Таблица 26 – Расчет бюджета затрат НИИ:

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НИИ	3133	1941	749
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	44934	44934	44934
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	47255	47255	47255
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7088,25	7088,25	7088,25
5. Отчисления во внебюджетные фонды	19020,11	19020,11	19020,11
6. Накладные расходы	19428,86	19238,14	19047,42
7. Бюджет затрат НИИ	140859,2	139476,5	138093,8

Как видно из таблицы 26 основные затраты НИИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы.

7.5 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (28)$$

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

Φ_{ri} – 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 27 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта:

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,25	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	3
3. Надежность	0,20	5	5	5
4. Воспроизводимость	0,25	4	4	4
5. Материалоемкость	0,15	4	4	5
ИТОГО	1	4,4	4,2	4

Таблица 28 - Сравнительная эффективность разработки:

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,997	1	0,986
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	4,2	4
3	Интегральный показатель эффективности	4,41	4,3	4,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,93	0,79

Вывод: Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что испытания выгоднее проводить по первому способу.

Заключение

В данной работе были рассмотрены имеющиеся способы получения полипропилена. На основании технико-экономических данных был выбран способ производства. Процесс рекомендовано проводить в суспензии в присутствии ТМК и ТЭА. Для выбранного способа получения были выполнены инженерные расчеты: материальный, тепловой баланс и технологические расчеты основного реактора полимеризатора и предложены конструктивные решения. Проведен финансовый анализ проекта и выявлены опасные факторы и пути их устранения.