

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

Институт: Природных ресурсов
Направление подготовки: Химическая технология
Кафедра: Технология органических веществ и полимерных материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Проект узла полимеризации бутилметакрилата суспензионным способом»
УДК <u>66.095.26.023:678.742.4</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д3А	Колчогошева Татьяна Николаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Троян Анна Алексеевна	Кандидат химических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ТОВПМ	Юсубов Мехман Сулейман-оглы	Профессор, доктор химических наук		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <i>выводить на рынок новые материалы</i> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	<i>Активно</i> владеть <i>иностраннным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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

Институт: Природных ресурсов
Направление подготовки: Химическая технология
Кафедра: ТОВПМ

УТВЕРЖДАЮ
Зав. Кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Юсубов М.С.
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д3А	Колчогошевой Татьяне Николаевне

Тема работы:

«Проект узла полимеризации бутилметакрилата суспензионным способом»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	27.01.2017 г. №417/с

Срок сдачи студентом выполненной работы	
---	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы(непрерывный, периодический, циклический и т.д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования(эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т.д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является узел полимеризации бутилметакрилата суспензионным способом при периодическом режиме работы, производительностью 3000 т/год. В качестве основного аппарата использовался реактор емкостного типа, оснащенный лопастной мешалкой и рубашкой.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой наук техники в рассматриваемой области; постановка задачи 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> – теоретическая часть; – 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>
---	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Реактор. Чертеж общего вида; 2) Чертеж деталей реактора; 3) Технологическая схема узла полимеризации БМА суспензионным способом; 4) Автоматизация узла полимеризации БМА суспензионным способом; 5) Диаграмма зависимости температуры от продолжительности процесса; 6) Изображение некоторых деталей реактора.
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием раздела)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна (к.э.н.)
Социальная ответственность	Раденков Тимофей Александрович

<p align="center">Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Троян Анна Алексеевна	Кандидат химических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДЗА	Колчегошева Татьяна Николаевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ДЗА	Колчегошева Татьяна Николаевна

Институт	ИПР	Кафедра	ТОВПМ
Уровень образования	Бакалавриат	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, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
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. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования получения полибутилметакрилата суспензионным способом
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 НИ 4. Определение бюджета НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ 	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДЗА	Колчегошева Татьяна Николаевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Д3А	Колчогошева Татьяна Николаевна

Институт	Природных Ресурсов	Кафедра	ТОВПМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

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

Объектом исследования является технология получения ПБМА методом суспензионной полимеризации бутилметакрилата в реакторе с механической лопастной мешалкой и тепловой рубашкой. Область применения ПБМА в виде растворов в органических растворителях при реставрации живописи и предметов прикладного искусства, для склейки фрагментов настенной живописи, для монтирования снятых со стен фрагментов росписей на новое основание.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

Основным вредным фактором производства является нежелательный контакт с веществами участвующими в синтезе или их парами. Для уменьшения времени непосредственного контакта с вредными веществами или с целью полного его исключения принимаются следующие меры: надежная герметизация трубопровода, оснащение производства приточно-вытяжной вентиляцией, для каждого работника применяются изолирующие противогазы.

1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

На производстве присутствует ряд опасных факторов. Термическая опасность из-за соприкосновения предметами, имеющими высокую температуру. Решить эту проблему можно средствами индивидуальной защиты. Пожаровзрывоопасность в случае непредвиденного возгорания. Электробезопасность, которая регламентируется применением заземления и зануления, а так же узлов защитного отключения.

<p>2. Экологическая безопасность</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); <p>разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<p>Процесс производства максимально автоматизирован, что сводит до минимума возможные выбросы в атмосферу. Уменьшение количества выбросов достигается путем правильного ведения технологического процесса, герметичности емкостного оборудования и трубопроводов, применения герметичных электронасосов и пневмонасосов.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>К наиболее частым авариям относятся пожары, взрывы емкостей с горючими газами и жидкостями, разрушение и взрывы оборудования, прорывы трубопроводов с газами. Для предотвращения ЧС проводятся профилактические мероприятия.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Безопасность работы регламентируется правовыми нормами трудового законодательства, регулирующими соблюдение безопасности при работе в производственных помещениях, локальными актами и инструкциями, а так же трудовой кодексом РФ.</p>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д3А	Колчегосева Татьяна Николаевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 99 с., 12 рис., 40 табл., 21 источник.

Ключевые слова: проектирование узла, полимеризация БМА, радикальная полимеризация, выделение бисера из суспензии, фильтрование, центрифугирование, сушка.

Объектом исследования является производства полибутилметакрилата суспензионным способом

Цель работы – спроектировать узел для полимеризации бутилметакрилата суспензионным способом.

В процессе проектирования проводились расчеты материального и теплового баланса, конструктивные расчеты, автоматический контроль, так же были затронуты ресурсоэффективность, ресурсосбережение и социальная ответственность.

В результате расчетов спроектировано 2 реактора объемом по 10 м³.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: реактора объемом 10 м³, общая высота аппарата 5780 мм, внутренний диаметр 2200 мм.

Область применения: в виде растворов в органических растворителях при реставрации живописи и предметов прикладного искусства, для склейки фрагментов настенной живописи, для монтирования снятых со стен фрагментов росписей на новое основание.

Оглавление

Введение.....	11
1 Теоретическая часть.....	12
1.1 Способы полимеризации.....	12
1.1.1 Полимеризация мономеров в растворе.....	12
1.1.2 Полимеризация мономеров в массе.....	12
1.1.3 Полимеризация мономеров в эмульсии.....	13
1.2 Способы полимеризации полибутилметакрилата.....	14
1.3 Особенности проведения суспензионной полимеризации.....	14
1.4 Химизм процесса полимеризации Полибутилметакрилата.....	15
1.4.1 Инициирование.....	16
1.4.2 Рост цепи.....	17
1.4.3 Обрыв цепи.....	17
2 Объекты исследования.....	48
2.1 Химико-физические свойства полибутилметакрилата.....	48
2.2 Характеристика используемого сырья.....	48
3 Выбор и обоснование технологической схемы производства.....	51
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	54
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	54
5.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	54
5.1.2 Strengths Weaknesses Opportunities -анализ.....	56
5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	59
5.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	59
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	59

5.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ	60
5.3.3	Разработка графика проведения научного исследования	63
5.3.4	Бюджет научно-технического исследования	77
5.3.4.1	Расчет материальных затрат научно-технического	77
5.3.4.2	Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных	78
5.3.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы	79
5.3.4.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	81
5.3.4.5	Накладные расходы.....	82
5.3.4.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	82
5.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	83

Введение

Полибутилметакрилат (ПБМА) в настоящее время широко используется в виде растворов в органических растворителях при реставрации живописи и предметов прикладного искусства, для склейки фрагментов настенной живописи, для монтирования снятых со стен фрагментов росписей на новое основание, для подклейки красного слоя настенной масляной живописи к грунту и штукатурному основанию, для укрепления живописи на лесе и др. ПБМА вошел в эксплуатацию еще в 1930-х годах во время реставрации в США. Так же применяется как вязко-гелеобразователь и понизитель фильтрации в приготовлении буровых растворов для бурения скважин и переходов, как связующее в формовочных смесях и железорудных окатышах [2].

Целью работы является расчет реактора периодического действия, для полимеризации бутилового эфира метакриловой кислоты суспензионным способом, с годовой производительностью цеха в т/год. Процесс получения метакриловобутилового эфира включает следующие стадии: загрузки сырья, полимеризации, фильтрование, центрифугирование, промывки, сушки гранул и грануляции.

1 Теоретическая часть

1.1 Способы полимеризации

При проведении любого синтеза полимеров не менее важной стадией является химическое превращение мономеров в полимер. Сам выбор способа проведения процесса значительно влияет на качество получаемого полимера и на экономику процесса в целом. Далее будут описаны особенности существующих методов ведения технологических процессов. В любом синтезе полимерных материалов используются следующие методы полимеризации мономеров: в растворе, в массе, в эмульсии и суспензии [1].

1.1.1 Полимеризация мономеров в растворе

В полимеризацию мономеров в растворе входят компоненты: мономер, инициатор и растворитель. Изначально реакционная система может быть гетерогенной или гомогенной. При сравнении с полимеризацией в массе полимеризация мономера в растворе имеет преимущество в гибкости управления процессом, теплоотвода и скоростей реакции. Для полимеризации мономеров по радикальному механизму, эти преимущества в основном недостаточны, чтобы сделать полимеризацию в растворе экономически выгодной для крупнотоннажного производства, так как будут не только дополнительные затраты на удаление реакционной среды, но и ведение процесса с пониженной скоростью. Разбавление мономера приводит к получению полимера с меньшей молекулярной массой [1].

1.1.2 Полимеризация мономеров в массе

В зависимости от типа инициаторов механизм полимеризации бывает ионным или радикальным. Существует два вида систем: гетерогенные – это

кода полимер образует отдельную твердую или жидкую фазу, и гомогенные – где полимер полностью растворим в мономере и в конце процесса, в зависимости от глубины превращения, система представляет собой расплав полимера или его концентрированный раствор. В конце полимеризационного процесса образуются полимеры разветвленного или линейного строения. Есть возможность получения трех типов сополимеров – привитых, блок- и статистических [1].

1.1.3 Полимеризация мономеров в эмульсии

При полимеризации мономеров в эмульсии, в качестве инициаторов используют персульфаты аммония или калия, окислительно-восстановительные системы (ОВС), а также пероксид водорода. Применение ОВС позволяет проводить процесс полимеризации с наиболее высокими скоростями и при более низких температурах. Окислителями обычно являются персульфат калия, пероксид водорода, органические гидропероксиды. Восстановителями служат соли металлов переменной валентности, сернистые соединения и многие другие вещества.

На активность инициаторов значительное влияние оказывает рН водной среды. В качестве регуляторов рН используются буферные вещества – карбонаты, фосфаты и др., количество которых составляет от 0,25 до 1,00 % [6].

Полимеры имеют большую молекулярную массу, т.к. полимеризация проходит в мицеллах с высокой скоростью. Недостатками этого метода являются то, что остаются загрязнения продукта следами эмульгатора и другими добавками, необходимость отделения водной фазы, отмывка от компонентов реакционной среды, сушка и первичная переработка. Наиболее распространено применение этого метода в производстве синтетических каучуков [1].

1.2 Способы полимеризации полибутилметакрилата

Полимеризацию бутилового эфира метакриловой кислоты можно проводить суспензионным, эмульсионным, блочными методами и в растворе. В присутствии инициаторов полимеризация протекает по радикальному механизму.

При суспензионной и блочной полимеризации в качестве инициаторов используют динитрилазобисизомасляной кислоты и перекись бензоила. При получении толстых блоков производят снижение температуры полимеризации и в качестве инициатора полимеризации применяют перкарбонаты (эфиры надугольной кислоты).

При блочной полимеризации в присутствии перекисных инициаторов получают атактический полимер, который не кристаллизуется даже при растяжении.

При эмульсионной полимеризации в качестве инициаторов чаще всего применяют персульфаты натрия и калия [2].

1.3 Особенности проведения суспензионной полимеризации

Суспензионная полимеризация – полимеризация, протекающая в каплях мономера, диспергированного в жидкой среде. При этом капли мономера постепенно превращаются в твердые полимерные частицы (порошок, гранулы, бисер, жемчуг).

При полимеризации в водной суспензии реакционная система представляет собой множество микрореакторов, в которых процесс протекает в массе. Из-за малых размеров блока отношение его поверхности к объему велико, и отвод тепла реакции протекает без затруднения. Регулируя отношение полимерной фазы к водной, можно контролировать температурный режим процесса с высокой точностью. В начальной стадии реакции система представляет собой эмульсию капель мономера в воде. Суспензия эта

нестабильна и существует за счет интенсивного перемешивания. Образование полимера в ходе процесса приводит к повышению его концентрации в каплях мономера и увеличению их вязкости. Суспензия, как таковая, образуется только тогда, когда конверсия достигает примерно 70 % [5].

Суспензионная полимеризация, проводимая в изотермических условиях, позволяет получать более однородный продукт, чем полимеризация в массе. Обычно ее проводят при температурах ниже 100 °С, но применение повышенного давления позволяет повысить температуру до 150 °С. Гибкое регулирование температуры процесса имеет решающее значение, при полимеризации бутилметакрилата, при которой молекулярная структура полимера необыкновенно чувствительна к изменению температурного режима и возможности проявления резкого гель-эффекта [5].

Достоинства данного метода следующие:

1. легкость отвода тепла полимеризации;
2. высокая производительность;
3. удобная форма образующегося полимера;

К недостаткам относятся:

1. многостадийность;
2. коркообразование;
3. трудно провести полимеризацию до полного исчерпания мономера;
4. необходимость в выделении полимера из полимеризационной среды, а

также в обеспечении экологичности процесса. Очистка и подготовка больших количеств воды.

5. полимер загрязнен стабилизатором [5].

1.4 Химизм процесса полимеризации Полибутилметакрилата

Полимеризация бутилметакрилата протекает по радикальному механизму. Процесс с образованием свободных радикалов – радикальная

полимеризация. Она относится к основным реакциям получения высокомолекулярных соединений (ВМС).

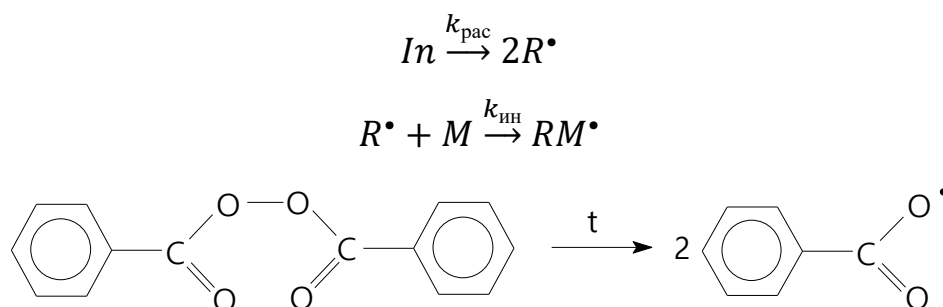
1.4.1 Иницирование

Первой стадией процесса является – иницирование, т.е. образование свободных радикалов.

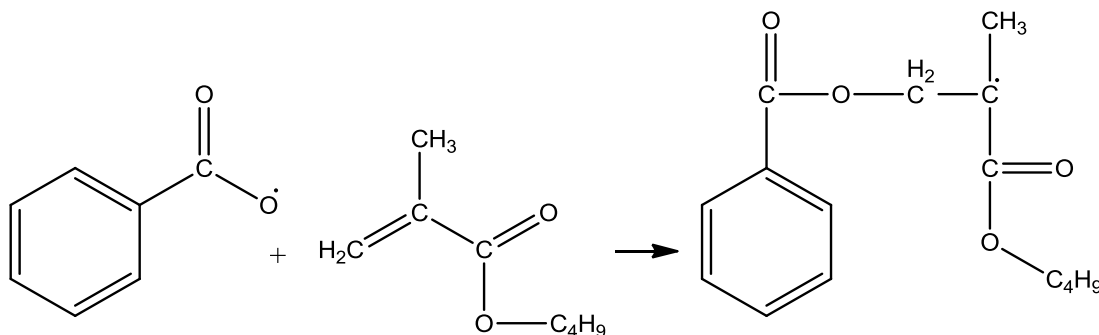
Различают следующие виды иницирования:

1. Химическое иницирование;
2. Термическое иницирование;
3. Радиационное иницирование;
4. Фотоиницирование.

В данной работе идет химическое иницирование, то есть идет разложение инициатора (перекиси бензоила) по схеме:



Далее идет присоединение образовавшегося свободного радикала к молекуле бутилметакрилата (БМА).



Скорость первой реакции определяется о формуле:

$$V_{ин} = k_{ин}[In], \quad (1)$$

$$k_{ин} = 2k_{рас}f[In], \quad (2)$$

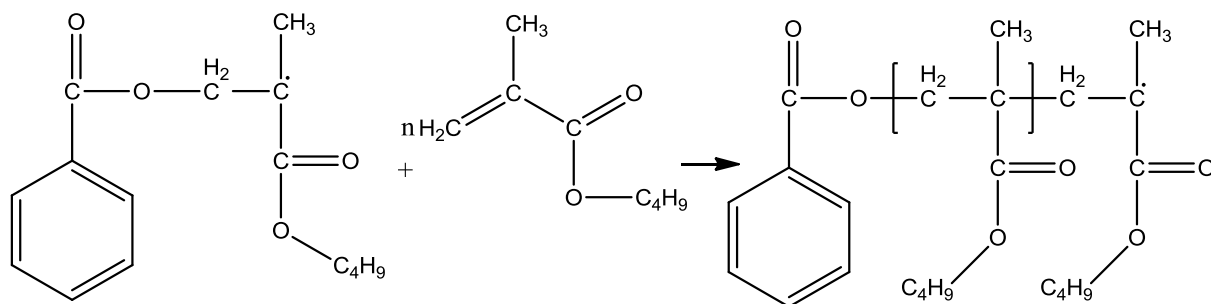
где $k_{ин}$ – константаскоростииницирования;

f – эффективностьиниирования;

$k_{рас}$ – константаскоростираспада.

1.4.2 Рост цепи

Во время роста цепи происходит последовательное присоединение к активному центру молекул мономера. Процесс протекает по схеме:



Скорость роста цепи выражается уравнением:

$$V_p = k_p[R^*][M], \quad (3)$$

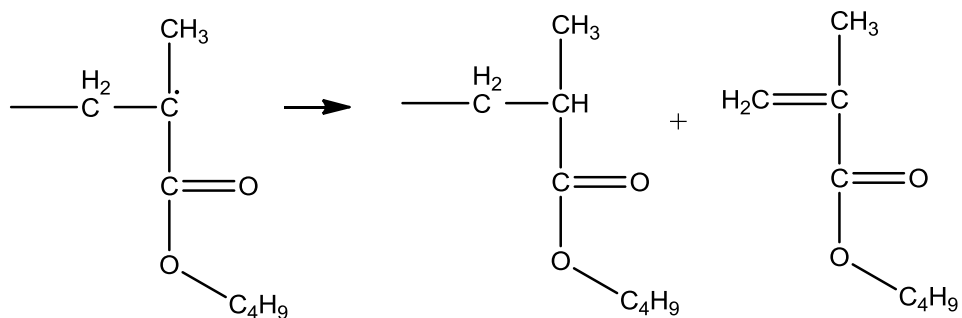
где V_p – скорость роста цепи;

k_p – константа скорости роста.

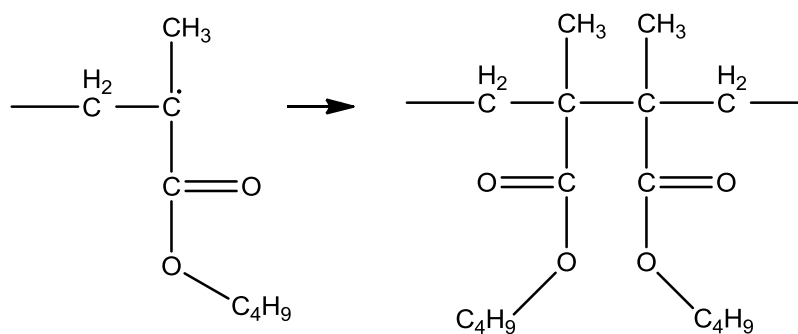
1.4.3 Обрыв цепи

При радикальной полимеризации БМА есть несколько способов обрыва цепи:

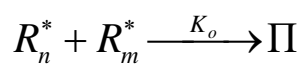
1. Диспропорционирование (молекулярная масса не изменяется):



2. Рекомбинация (соединение двух макромолекул между собой с удвоением молекулярной массы):



Стадию обрыва можно выразить как:



$$K_o = K_{o.p.} + K_{o.d.}$$

Скорость реакции обрыва цепи:

$$V_o = K_o [R_n^*]^2$$

(4)

2 Объекты исследования

2.1 Химико-физические свойства полибутилметакрилата

Полибутилметакрилат – твердый кристаллический полимер. На внешний вид похож на порошок бело или слегка желтоватого цвета (имеет свойство слеживаться из-за низких температур стеклования 20 °С. Растворяется в ароматических углеводородах, сложных эфирах, уайт-спирте и пинене. Массовая доля воды приблизительно 0,4 – 0,7 %, относительная вязкость однопроцентного раствора полимера в толуоле 1,4 – 2,2 %, кислотное число КОН на 1 г продукта, не более 0,7 мг, массовая доля свободного мономера в полимере, не более 0,7 – 1,3 % [4]

Материал характеризуется:

1. высокой адгезией к различным подложкам;
2. повышенной био-, свето-, погодостойкостью;
3. сохраняет полную растворимость после старения (обратимый материал).

2.2 Характеристика используемого сырья

Основным сырьем для производства полибутилметакрилата является бутиловый эфир метакриловой кислоты $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOC}_4\text{H}_9$ с молекулярной массой 142,2 г/моль. Бесцветная жидкость с неприятным запахом. Хорошо растворим в органических растворителях, практически не растворим в воде. Температура плавления (Т.пл.) – 76 °С, вязкость (η) – 0,96 мПа*с (30 °С, 1,088 мПа* с (25 °С).

В производстве получают следующими способами:

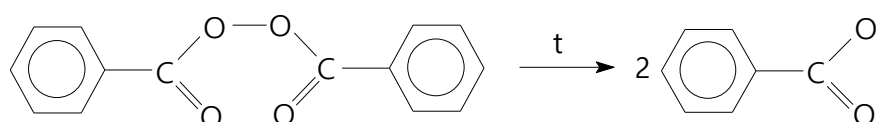
1. этерификацией метакриловой кислоты соответствующим спиртом, взятым в небольшом избытке в присутствии катализатора;

2. переэтерификацией метилметакрилата соответствующим бутанолом в присутствии катализатора;

3. взаимодействием ацетонциангидрина со спиртом в присутствии серной кислоты.

Применяется для получения полибутилметакрилатов, клеевых составов, композиций для стоматологии (в том числе, фотополимерных), добавок к смазочным маслам, а также различных сополимеров.

В качестве инициаторов применяются органические перекисные соединения (перекись бензоила), а так же персульфаты калия или натрия. В данном методе используем перекись бензоила ($C_{14}H_{10}O_4$). Процесс распада $C_{14}H_{10}O_4$ происходит по схеме:



Техническую перекись бензоила изготавливают в виде двух марок: А и Б, в зависимости от области эксплуатации. В данной работе используем марку А, характеристики которой представлены в таблице 1[8].

Таблица 1 – Характеристика технической перекиси бензолина марки А

Наименование показателя	Марка А ОКП 24 17220100
Внешний вид	Белые гранулы размером до 5 мм без механических примесей
Массовая доля воды, %	27±2
Массовая доля перекисибензоила в сухомпродукте, %	не менее 98,2

В сухом виде перекись бензоила – нестойкое вещество, обладает токсичными свойствами, при попадании на слизистые оболочки или кожу вызывает ожоги. Это вещество разлагается со взрывом при трении, ударе, нагревании. Температура разложения 70 – 90 °С, плавления 104 – 106 °С, самовоспламенения 144 °С. $C_{14}H_{10}O_4$ горит с большой скоростью и легко воспламеняется, в больших массах сопровождается взрывом. Он является

окислителем и воспламеняется при контакте с другими легко воспламеняющимися веществами, минеральными кислотами.

Перекись бензоила с массовой долей воды не менее 20 % значительно менее пожаро- и взрывоопасна, не восприимчива к рению и удару. Из-за этого все работы следует проводить только при массовой доле воды не менее 20 %, в большом расстоянии от источников огня и отопительных приборов. Транспортировку перекиси бензоила производят только в увлажненном состоянии.

В качестве регулятора процесса полимеризации БМА применим цетиловый спирт – одноатомный спирт ($C_{16}H_{33}OH$), относится к жирным спиртам. Его физико-химические свойства: температура кипения (T_k) = 70 °С, молярная масса 242,44 г/моль, плотность 0,812 г/см³, имеет белый окрас, без запаха.

Применяется в изготовлении смазки и растворителей, косметический изделий, поверхностно активных веществ (ПАВ) и медикаментов.

В качестве стабилизатора используется карбонат магния ($MgCO_3$) – магниевая соль угольной кислоты. Его физико-химические свойства: температура плавления ($T_{пл}$) = 540 °С, молярная масса 84,3139 г/моль, белые кристаллы с плотностью 3,037 г/моль. Широко распространен в природе в виде минерала магнезита. Применяется в медицине, а так же как наполнитель в резиновых смесях, он необходим в производстве стекла, кирпича и цемента.

3 Выбор и обоснование технологической схемы производства

Протекание полимеризации БМА происходит по следующим пунктам:

1. Подготовка водной фазы;
2. Подготовка мономерной фазы;
3. Полимеризация ПБМА;
4. Выделение из суспензии ПБМА(промывка, центрифугирование);
5. Сушка ПБМА;
6. Очистка маточника и промывных вод;
7. Грануляция и упаковка ПБМА.

Водно-суспензионную полимеризацию БМА проводят в эмалированном реакторе автоклавного типа 1, объемом 20 м³ с рубашкой для отвода и привода тепла, мешалкой лопастной или турбинной, с регулируемой частотой вращения 1,6 – 5 об/с (рисунок 1).

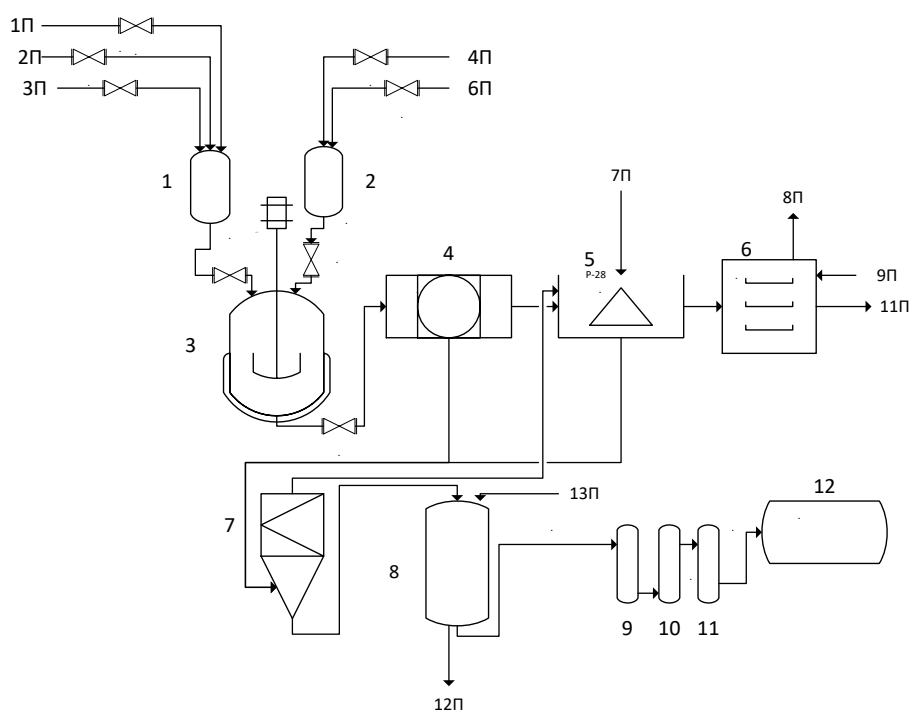


Рисунок 1 – Технологическая схема производства ПММА

1,2-смесители, 3 – Реактор автоклавного типа, 4 – фильтр, 5 – центрифуга, 6 – сушильный шкаф, 7 – гидроциклон, 8 – коагулятор, 9,10,11 – аппараты для ионообменной очистки воды, 12 – сборник обессоленной воды

В начале производства ПБМА идет подготовка исходного вещества и после приготавливают мономерную и водную фазу. Во время подготовки мономерной фазы, идет подача бутилметакрилата: мономер проходит по трубопроводу 1П из цеха подготовки БМА, а по трубопроводу 2П проходит подача регулятора, по 3П инициатора, после они идут в смеситель 1. При подготовке водной фазы, поток воды идет по трубопроводу 4П, а стабилизатора по трубопроводу 5П и все поступает в смеситель 2.

После, подготовленные мономерная и водная фазы поступают в реактор 3. Температуру смеси в реакторе поднимают до 85 °С и выдерживают ее, с работающей мешалкой, в плоть, до начала подъема температуры за счет экзотермической реакции полимеризации до 100 °С. Процесс проходит в течении времени 1 – 8 ч. После окончания реакции в течение 1,0 – 1,5 ч массу охлаждают до 50 °С.

Выделение бисера из суспензии проводится с помощью фильтра 4 (и центрифуги 5, центрифугирование проходит совместно с промывкой водой по трубопроводу 7П. Далее полибутилметакрилат поступает на сушку с остаточной влажностью 8,5 %.

Сушка проходит в сушильном шкафу 6, пропуская азот, температура поддерживается в пределах 70 – 100 °С. Остаточная влажность полимера должна составлять не более 1,0 %.

Высушенный бисер полибутилметакрилата гранулируется в экструдере и сортируется на вибросите. Гранулы направляются на переработку в изделия методом экструзией или литья под давлением.

После фильтрования и центрифугирования маточный раствор направляется на гидроциклон 7. Гидроциклон – это, аппарат для отделения твердых взвешенных частиц от жидкой фазы. Его корпус состоит из верхней, цилиндрической, и нижней, конической, частей. При вращении потока с большой угловой скоростью под действием центробежных сил крупные частицы полимера отбрасываются к стенкам гидроциклона. Возле стенок конической части они движутся по спиральной траектории вниз, удаляются

через нижнюю насадку в виде сгущенной суспензии. Мелкие частицы полимера (взвеси) в большей части жидкости поднимаются во внутреннем спиральном потоке и, пройдя через центральный патрубок удаляются в коагулятор 8.

В коагуляторе 8, маточник подогревают до 92 – 98 °С. В коагулятор подается 13П серная кислота (рН среды поддерживают 1,8 – 2,3), в течение 4 – 6 мин идет перемешивание. Мелкодисперсные частицы коагулируют с образованием более крупных зерен. После выделения крупных зерен суспензию охлаждают до 40 °С и направляют на фильтр пресс. Полимер накапливается на поверхности ткани, подсушивается продувкой воздухом, после чего снимается с ткани ножами и направляется в специальный контейнер для вывозки в отвал 12П или на сжигание. Фильтрат направляется на ионообменную очистку в аппараты 9, 10, 11 для получения обессоленной воды. Обессоленная вода собирается в сборнике.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Полибутилметакрилата настоящее время широко используется в виде растворов в органических растворителях при реставрации живописи и предметов прикладного искусства, для склейки фрагментов настенной живописи, для монтирования снятых со стен фрагментов росписей на новое основание, для подклейки красного слоя настенной масляной живописи к грунту и штукатурному основанию, для укрепления живописи на лесе и др. ПБМА вошел в эксплуатацию еще в 1930-х годах во время реставрации в США. Так же применяется как вязко-гелеобразователь и понизитель фильтрации в приготовлении буровых растворов для бурения скважин и переходов, как связующее в формовочных смесях и железорудных окатышах

5.1.1 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.

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (80)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

В таблице 21 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства полибутилметакрилата.

Таблица 21 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	$B_{к2}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии обогащаемого материала							
1. Выход продукта	0,3	5	4	4	1,5	1,2	1,2
2. Энергоемкость процессов	0,3	4	4	4	1,2	1,2	1,2
Экономические критерии оценки эффективности							
3. Цена	0,2	5	4	4	1,0	0,6	0,6
4. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
5. Финансирование научной разработки	0,1	2	5	5	0,2	0,5	0,5
Итого:	1				4,3	4	4

B_{ϕ} – продукт проведенной работы;

$B_{к1}$ – «ООО ДЕСТЕК»;

$B_{к2}$ – «ОАО Дзержинское оргстекло».

5.1.2 Strengths Weaknesses Opportunities -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 таблице 22.

Таблица 22 – 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 (ресурсоэффективность технологии)</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Повышение стоимости конкурентных разработок</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 22, 23, 24, 25.

Таблица 23 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		C1	C2	C3
		B1	+	+

Таблица 24 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

Слабые стороны проекта		
Возможности проекта		Сл1
		B1

Таблица 25 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

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

Таблица 26 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта			
Угрозы		Сл1	
		У1	+
		У2	+
		У3	-

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 27).

Таблица 27 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экологичность технологии С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С3. Использование отходов производств в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии)</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p>
<p>Возможности: В1. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Разработка технологии полибутилметакрилата блочным способом</p>	<p>По причине большого срока поставок необходимых для исследований материалов возможно отставание от конкурентов с последующим падением спроса на продукцию</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования 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 финансово-вого обеспечения угроза потери рынка значительно возрастает</p>

5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 28 – Морфологическая матрица для методов получения ПБМА

	1	2	3
А. Мономер	Бутилметакрилат	Бутилметакрилат	Бутилметакрилат
Б. Инициатор	Перекись бензоила	Персульфат калия	Персульфат натрия
В. Регулятор	Цетиловый спирт	Поливиниловый спирт	Без регулятора

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1 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 (таблица 29)

Таблица 29 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	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	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
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 полимеризации бутилметакрилата	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

5.3.2 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 $t_{ожi}$ используется формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (81)$$

где $t_{ожi}$ – 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:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (82)$$

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.;

Р – руководитель;

Б – бакалавр;

К¹ – консультант по экономической части;

К² – консультант по социальной ответственности.

Результаты расчетов занесены в таблице 30.

Таблица 30 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоёмкость работ									И сп ол н и т е л н	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	0,2	0,2	0,2
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	Б	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	К ¹	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	К ²	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
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	6	6	6	1	1	1	8,4	8,4	8,4	Р	4,2	4,2	4,2	5	5	5
		6	6	6	1	1	1	8,4	8,4	8,4	Б	4,2	4,2	4,2	5	5	5
4	Литературный обзор	7	7	7	1	1	1	8,2	8,2	8,2	Б	8,2	8,2	8,2	9,7	9,7	9,7
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	5	5	5	1	1	1	7	7	7	Б	7	7	7	8,3	8,3	8,3
7	Оценка эффективности результатов	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Р	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4
		5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	2,9	3,4	3,4	3,4
8	Определение целесообразности и проведения ВКР	6	6	6	7	7	7	6,4	6,4	6,4	Р	3,2	3,2	3,2	3,8	3,8	3,8
		6	6	6	7	7	7	6,4	6,4	6,4	Б	3,2	3,2	3,2	3,8	3,8	3,8
9	Разработка технологии полимеризации б утилметакрилата	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Б	2,4	2,4	2,4	2,8	2,8	2,8
10	Оценка эффективности производства	7	7	7	1	1	1	7,6	7,6	7,6	Б	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	4,7
		7	7	7	1	1	1	7,6	7,6	7,6	К ¹	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	4,7
11	Разработка СО	7	7	7	1	1	1	8,3	8,3	8,3	Б	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	4,7
		7	7	7	1	1	1	8,3	8,3	8,3	К ²	4,2	4,2	4,2	4,7	4,7	4,7
12	Составление пояснительной записки	10	10	10	1	1	1	12	12	12	Б	12	12	12	14,2	14,2	14,2

5.3.3 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, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Данный график строится на основе таблицы 30.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (83)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (84)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{142}{142 - 18 - 4} = 1,18.$$

Таблица 31 – Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , 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	0,2	■															
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,6		■														
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	5		■														
Патентный обзор литературы	Бакалавр	9,7			■	■	■	■	■									
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	0,8					■	■										
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	8,3						■	■	■	■	■						
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	1,4 3,4								■	■							

Продолжение таблицы 31

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , 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	3,8																
Разработка технологии полимеризации бутилметакрилата	Бакалавр	2,8																
Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант ЭЧ	4,8																
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	4,8																
Составление пояснительной записки	Бакалавр	14																

Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
			

5.3.4 Бюджет научно-технического исследования

В процессе формирования бюджета научно-технического исследования (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.

5.3.4.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

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 32.

Таблица 32 – Материальные затраты

Наименование	Ед. 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
Бутилметакрилат	кг	13300	13300	13300	150	150	150	1995000	1995000	1995000
Перекись бензоила	кг	4	0	0	200	0	0	800	0	0
Персульфат калия	кг	0	4	0	0	200	0	0	800	0
Персульфат натрия	кг	0	0	4	0	0	200	0	0	800
Цетиловый спирт	кг	4	0	0	130	0	0	520	0	0
Поливиниловый спирт	кг	0	4	0	0	130	0	0	520	0
Итого:								1996320	1996320	1995000

5.3.4.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Таблица 33 – Затраты на оборудование для научно-экспериментальных работ

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1.	Реактор	1	800000	53333
2.	Смеситель	2	550000	36666
3.	Центрифуга	2	64700	12940
4.	Сушилка	1	350000	35000
5.	Экструдер-гранулятор	1	800000	53333
Итого		7	3179400	191272

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}}, \quad (85)$$

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

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

Результаты расчетов приведены в таблице 33.

5.3.4.3 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:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (86)$$

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

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (87)$$

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

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

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (88)$$

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 таблице 34 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 34 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	142	142	142	142
Количество нерабочих дней				
выходные дни:	18	18	18	18
праздничные дни:	4	4	4	4
Потери рабочего времени				
отпуск:	0	0	0	0
невыходы по болезни:	0	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	120	120	120	120

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (89)$$

где $Z_{тс}$ – зарплатная 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 таблице 35.

Таблица 35 – 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	12067,25	0,35	1,3	25884,25	1206,725	11,8	14239,35
Бакалавр							
ППС1	8600,25	0,35	1,3	18447,53	860,035	58,2	50053,45
Консультант ЭЧ							
ППСЗ	20080,9	0,35	1,3	43073,5	2008,09	5	10040,45
Консультант СО							
ППСЗ	20080,9	0,35	1,3	43073,5	2008,09	5	10040,45

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 36.

Таблица 36 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	З_{осн}, руб.	З_{доп}, руб.	З_{зн}, руб.
Руководитель	14239,35	2135.9	16375,25
Бакалавр	50053,45	7508.02	57561,47
Консультант ЭЧ	10040,45	1506.07	11546,52
Консультант СО	10040,45	1506.07	11546,52

5.3.4.4 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:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (90)$$

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 37.

Таблица 37 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	14239,35	2135.9
Бакалавр	50053,45	7508.02
Консультант ЭЧ	10040,45	1506.07
Консультант СО	10040,45	1506.07
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,305	
Итого:	29594,08	

5.3.4.5 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:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4), \quad (91)$$

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 5302343,84 руб.

5.3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 38.

Как видно из таблицы 38 основные затраты НТИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы.

Таблица 38 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	1996320	1996320	1995000	табл. 18
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	3179400	3179400	3179400	табл. 19
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	84373,7	84373,7	84373,7	табл.20
4 Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12656,06	12656,06	12656,06	табл.21
5. Отчисления во внебюджетные фонды	29594,08	29594,08	29594,08	-
6. Накладные расходы	5302343,84	5302343,84	5303663,84	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	5331937,92	5331937,92	5333257,92	Сумма ст. 1-6

5.4 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (92)$$

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 разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Таблица 39 – 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	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	3
3. Надежность	0,20	5	5	4
4. Воспроизводимость	0,25	5	4	4
5. Материалоемкость	0,15	5	5	5
Итого:	1	4,8	4,6	3,8

Таблица 40 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1	0,999
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	4,6	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,8	4,6	3,803
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,95	0,792

Вывод: Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что предпочтительно первое исполнение для получение полибутилметакрилата, но и второй вариант не уступает в эффективности.