

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 – Технологии органических веществ и полимерных материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект узла полимеризации винилацетат в растворе

УДК 66.095.26.023:678.744.422

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДЗА	Маркушенко Ольга Петровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТОВПМ	Ротарь Ольга Васильевна	Кандидат химических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой ТОВПМ	Юсубов Мехман Сулейман-оглы	Доктор химических наук, профессор		

Томск – 2017 г.

Запланированные результаты

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ТОВПМ, д.т.н.,
профессор
_____ Юсубов М.С.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д3А	Маркушенко Ольга Петровна

Тема работы:

Проект узла полимеризации винилацетата в растворе		
Утверждена приказом директора (дата, номер)	18.02.2017г	№ 867/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2017г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none">1. Проект узла полимеризации винилацетата в растворе.2. Производительность 2700 тонн в год.3. Режим работы производства периодический.4. Поливинилацетат.
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none">1. Теоретическая часть2. Объект исследования3. Инженерные расчеты

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Чертеж общего вида 2. Технологическая схема 3. Чертеж сборочных единиц
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Раденков Т.А.

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

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д3А	Маркушенко Ольга Петровна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа 2ДЗА	ФИО Маркушенко Ольга Петровна
-----------------------	---

Институт Уровень образования	Электронного обучения Бакалавриат	Кафедра Направление/специальность	ТОВПМ Химическая технология
--	---	---	---------------------------------------

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

<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования 	<p style="text-align: center;"><i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.</i></p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 	<p style="text-align: center;"><i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i></p>
<ol style="list-style-type: none"> 2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований 	<p style="text-align: center;"><i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i></p>
<ol style="list-style-type: none"> 3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок 	<p style="text-align: center;"><i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ</i></p>
<ol style="list-style-type: none"> 4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности 	<p style="text-align: center;"><i>Проведение оценки экономической эффективности исследования узла полимеризации винилацетата в растворе.</i></p>

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. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ 5. 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	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа 2ДЗА	ФИО Маркушенко Ольга Петровна	Подпись	Дата
-----------------------	---	----------------	-------------

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ДЗА	Маркушенко Ольга Петровна

Институт	ИПР	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 поливинилацетата в растворе в реакторе с якорной мешалкой и тепловой рубашкой.

Поливинилацетат нашел применение в производстве поливинилацетатного клея, водоэмульсионных и акриловых красок, а также дальнейшая переработка в поливиниловый спирт и поливинилацетаты.

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. Пожаровзрывобезопасность 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 кафедры ЭБЖ	Раденков Тимофей Александрович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ДЗА	Маркушенко Ольга Петровна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 44 страниц, 7 рисунков, 30 таблиц, 14 литературных источников, 3 листа графического материала.

Выбор и обоснование метода производства. Технологическая схема. Инженерные расчеты. Подбор оборудования. Контроль производства. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Объектом разработки является производство поливинилацетата в растворе. Целью проектирования является разработка комплекса взаимосвязанных процессов, обеспечивающих получение требуемого полимера.

Поливинилацетат полученный в растворе применяется для изготовления поливинилацетатного клея, вододисперсионных и акриловых красок, а также дальнейшая переработка в поливинилвый спирт и поливинилацетали.

Выпускная квалификационная работа выполнена на кафедре ТОВПМ студентом Маркушенко О.П. группы 2Д3А под руководством доцента, кандидата химических наук Ротарь О.В.

Оглавление

Введение.....	10
1. Химия процесса.....	10
1.1. Реакция полимеризации винилацетата	11
1.2. Свойства реагентов	13
1.3. Свойства готового продукта	19
2. Производство ПВА в растворе.....	20
3. Оценка коммерческого потенциала и проведения научных исследований...	22
3.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	22
3.2. Анализ конкурентных технических решений	23
3.3. SWOT-анализ.....	24
4. Определение альтернатив проведения научных исследований	28
5. Планирование научно – исследовательских работ	29
5.1. Структура работ в рамках научного исследования	29
5.2. Определение трудоемкости выполнения работ	30
5.3. Разработка графика проведения научного исследования	31
5.4. Бюджет научно – технического исследования (НТИ).....	33
5.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	34
5.4.2.Расчет затрат на оборудование.....	36
5.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	36
5.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды	39
5.4.5 Накладные расходы	39
5.4.6 Формирование бюджета затрат.....	40
6. Определение экономической эффективности исследования.....	41

Введение

Поливинилацетат — это важный продукт современной химической технологии.

Будучи единственным полимером, получаемым полимеризацией из винилацетата, он является сырьем для целой группы, так называемых клеевых поливинилацетатных пластмасс [12]. Все остальные полимеры данной группы получают методом полимераналогичных превращений. В состав группы входят поливинилацетат, поливиниловый спирт, поливинилацетали.

Целью данной работы было проектирование установки полимеризации винилацетата в растворе. Производительность 2800 т/год чистого полимера; процесс — периодический; растворитель — метанол, инициатор — динитрил азобисизомаасляной кислоты.

Поливинилацетат в виде спиртового раствора (ТУ 6-10-1081-70) выпускают трех марок, отличающихся по вязкости мольных растворов (в сантипуазах): С-4 (3—6 сП), С-8 (6—10 сП); С-12 (10—14 сП). Концентрация лаков — 45-55% полимера; содержание мономера не более 1,2%.

1. Химия процесса

В зависимости от назначения поливинилацетата полимеризацию осуществляют различными методами: блочным, лаковым, суспензионным и эмульсионным.

При полимеризации в растворителях в качестве инициаторов применяют динитрил азобисизомасляной кислоты, перекись бензоила

Выбор растворителя определяется назначением поливинилацетата [9]:

- для реакций омыления ПВА и с целью удешевить производство используют метанол;
- для склеивания бумаги, ткани, стекла, а так же для получения нетоксичного ПВС медицинского и пищевого назначения – этанол.
- для склеивания и лакирования кожи – этилацетат;

Основной способ переработки раствора ПВА это производство ПВС (и некоторых других веществ), в свою очередь являющихся очень важным продуктом химической технологии.

Так же при добавлении в строительные растворы он повышает их адгезию, придает пластичность, увеличивает прочность конечного изделия.

Поливинилацетат применяется в производстве лаков, где он ценен благодаря высоким свойствам прилипания (адгезии), пластичности, светостойкости и бесцветности.

Растворы поливинилацетата в органических растворителях – клеи.

Высокие клеящие свойства открывают возможности для его применения при склейке древесины.

Поливинилацетат был впервые получен в США в 1914 году. С тех пор мировое потребление ПВА увеличилось до 2,5 млн. тонн в год и продолжает расти [10].

На 2015 год производство ПВА в странах СНГ составило 77,4 тыс. тонн [11].

1.1. Реакция полимеризации винилацетата

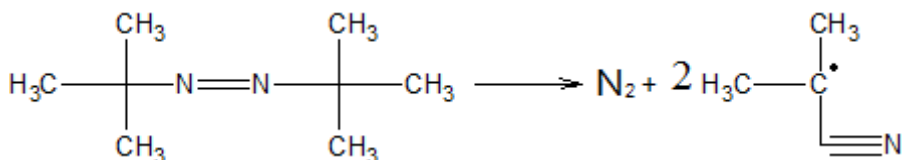
Поливинилацетат получают радикальной полимеризацией винилацетата.

Инициатором служит динитрил азобисизомасляной кислоты (ДАК) или перекись бензоила (ПБ).

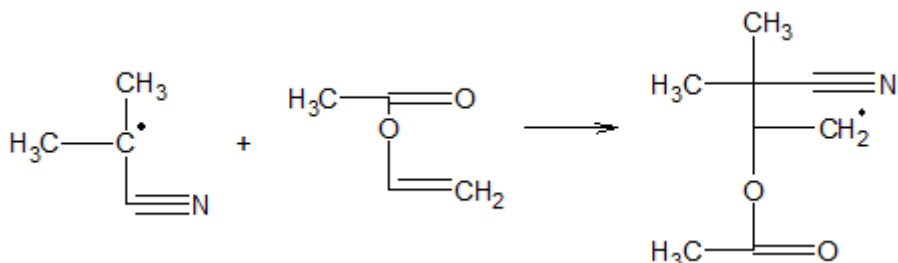
Радикальная полимеризация проходит в три стадии:

1. Инициирование

В условиях полимеризации ДАК распадается на свободные радикалы:

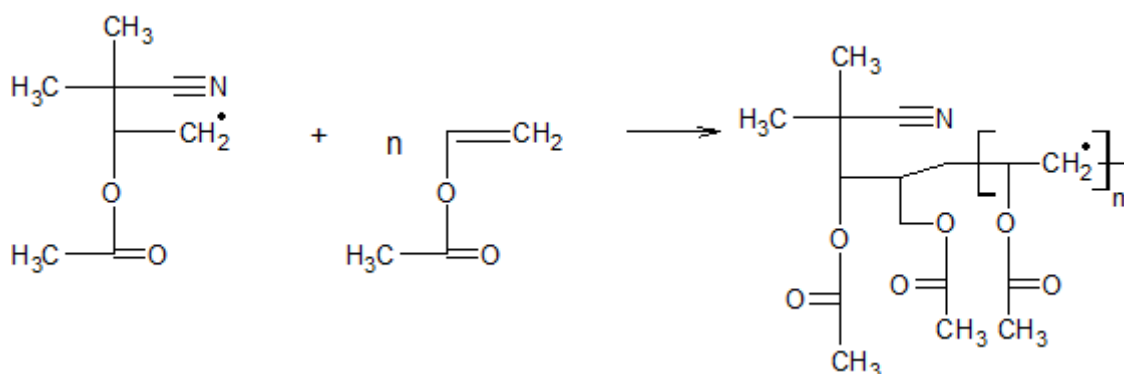


А затем происходит иницирование молекулы винилацетата:



2. Рост цепи

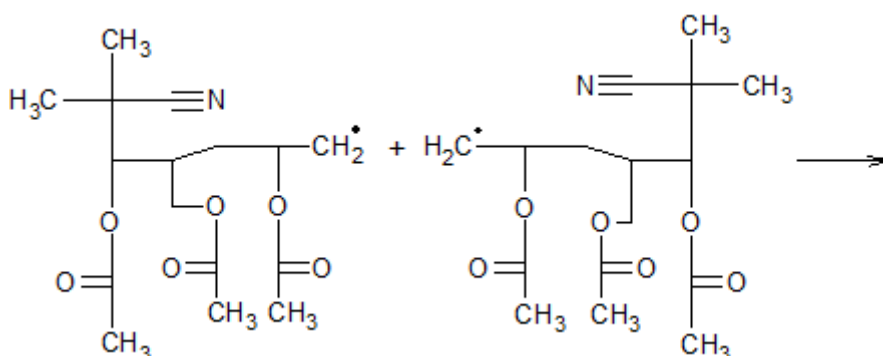
К иницированной молекуле присоединяются молекулы ВА, образуя полимерную цепь линейного строения:

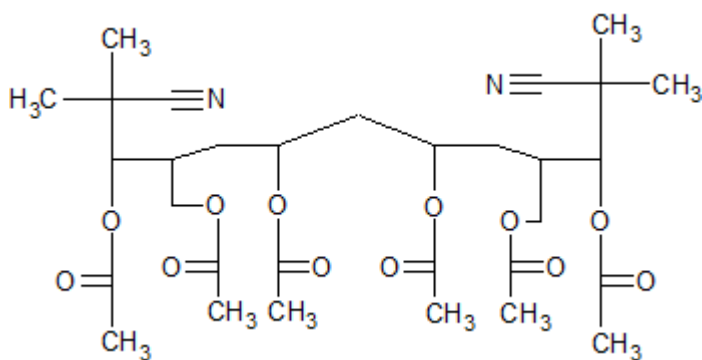


3. Обрыв цепи

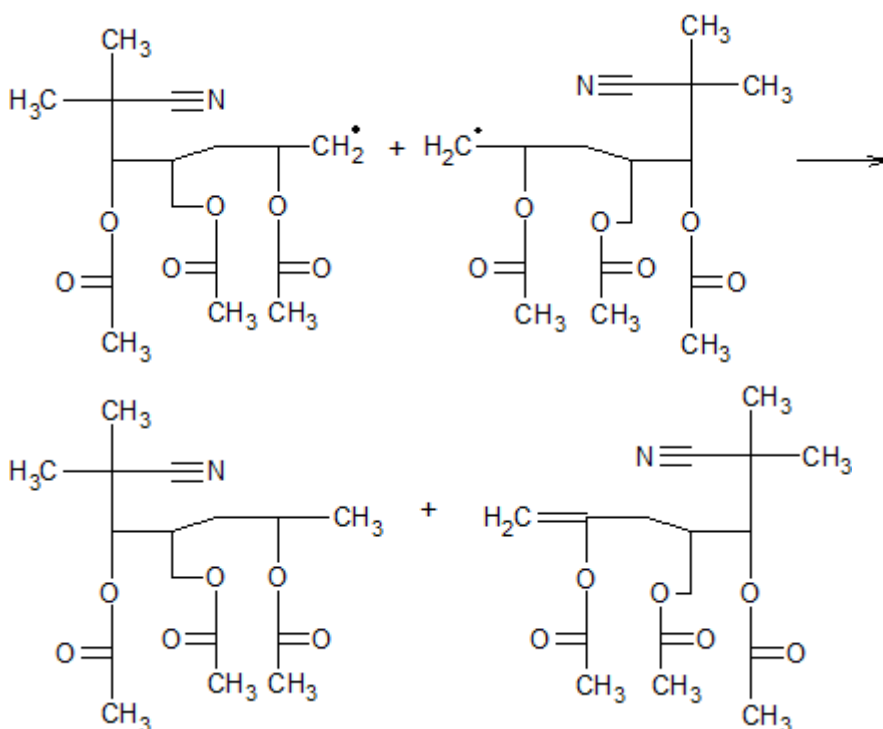
Обрыв цепи может происходить двумя способами: рекомбинацией и диспропорционированием.

Рекомбинация:





Диспропорционирование:



Вследствие объемного заместителя, вторая реакция более характерна для полимеризации винилацетата и мы можем сделать допущение того, что обрыв цепи всегда происходит диспропорционированием.

1.2. Свойства реагентов

Непосредственно в процессе полимеризации винилацетата в растворе участвуют 3 реагента: винилацетат, метанол, динитрил азобисизомасляной кислоты.

Винилацетат

Виниловый эфир уксусной кислоты $\text{CH}_3\text{COO}-\text{CH}=\text{CH}_2$.

Представляет из себя бесцветную жидкость с температурой кипения 72,7°C и молярной массой 86,09 г/моль. ВА хорошо растворим в обычных органических растворителях. С водой, спиртами и углеводородами образует азеотропные смеси.

По химическим свойствам винилацетат – типичный виниловый эфир:

- в растворах кислот или щелочей гидролизуется с образованием уксусной кислоты и ацетальдегида;
- взаимодействует с карбоновыми кислотами в присутствии солей Hg, образуя новые виниловые эфиры;
- полимеризуется под действием света, радикальных инициаторов с образованием поливинилацетата, сополимеризуется с виниловыми мономерами.
- присоединяет по двойной связи галогены, HCl, HBr, H₂, уксусную кислоту;
- подвергается карбонилированию, вступает в диеновый синтез и др.

В промышленности винилацетат получают главным образом окислительным присоединением уксусной кислоты к этилену в присутствии солей Pd:

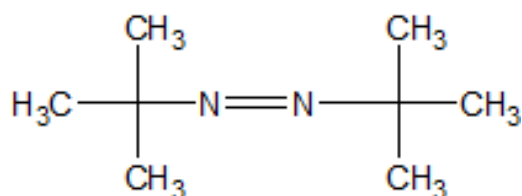


Винилацетат вызывает сильное раздражение и омертвление кожи, его пары – ожог роговой оболочки глаз. ПДК = 10 мг/м³.

Динитрил азобисизомасляной кислоты

Азобисизобутиронитрил (так же ДАК) это органическое вещество класса азосоединений и нитрилов. Применяется как инициатор радикальной полимеризации. Представляет собой тонкий белый кристаллический порошок со слабым запахом с молярной массой 164,21 г/моль.

Молекула ДАК имеет следующее строение:



Химические свойства:

- растворяется в спирте и эфире
- при нагревании разлагается с образованием динитрила тетраметилянтарной кислоты $[(\text{CH}_3)_2\text{CCN}]_2$ и азота, являющегося парообразователем.
- способен распадаться на активные радикалы, в следствие чего используется в реакциях радикальной полимеризации.
- Получается при взаимодействии ацетона с цианата натрия и сульфатом гидразина через 2,2-циангидразо-бис-пропан.

Токсичное действие обусловлено, по-видимому, отщеплением в организме HCN и действием последней при достаточных концентрациях или дозах.

Метанол

В случае производства поливинилацетата в растворе периодическим методом, в качестве растворителя был выбран спирт метиловый (далее по тексту метанол).

Метанол – это бесцветная ядовитая жидкость с характерным запахом и жгучим вкусом. Температура кипения $64,7^\circ\text{C}$; молярная масса $32,04$ г/моль.

Химические свойства метилового спирта:

- смешивается во всех отношениях с водой, этиловым спиртом и эфиром;
- при смешении с водой происходит сжатие и разогревание;
- горит синеватым пламенем;
- является сильным растворителем, вследствие чего во многих случаях может заменять этиловый спирт;

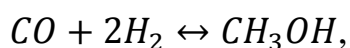
- Безводный метанол, растворяя небольшое количество медного купороса, приобретает голубовато-зеленое окрашивание, поэтому безводным медным купоросом нельзя пользоваться для открытия следов воды в метаноле;
- не растворяет $CuSO_4 \cdot 7H_2O$ (Клепль);
- метанол (в отличие от этанола) с водой не образует азеотропной смеси, в результате чего смеси вода-метанол могут быть разделены ректификационной перегонкой.

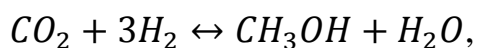
Способы получения метилового спирта могут быть различны: сухая перегонка древесины, термическое разложение формиатов, гидрирование метилформиата, омыление метилхлорида, каталитическое неполное окисление метана. Раньше метанол получали сухой перегонкой древесины (древесный спирт), но этот метод полностью вытеснен синтезом из оксида углерода и водорода, осуществленным в крупных масштабах во всех передовых странах. И по причинам технического и главным образом экономического характера промышленное развитие получил метод синтеза метанола из оксида углерода и водорода на гетерогенных катализаторах [2].

Широкие возможности использования метанола определяются простотой его производства, разнообразием источников сырья (синтез – газ может быть получен переработкой природного газа, угля, тяжелых нефтяных остатков, отходов различных производств, в том числе и самого микробиологического синтеза). Важным обстоятельством является то, что в условиях его синтеза из различных сырьевых смесей получается продукт высокой степени чистоты.

Для синтеза метанола можно применять практически любой газ, содержащий водород и оксиды углерода. Наиболее распространенным сырьем является природный газ. Потенциальным сырьем для получения метанола является диоксид углерода.

Суммарные реакции получения метанола из оксидов углерода и водорода описываются уравнениями:





Независимо от метода получения исходного газа в нем всегда присутствуют оксид углерода и диоксид углерода.

Исходный газ может быть получен практически из любого вида сырья, содержащего углеводороды и углерод, однако в большинстве случаев состав газа необходимо корректировать. Это обеспечивается дополнительными стадиями очистки, дозированием отдельных компонентов и ли смешиванием потоков газов, полученных разными способами.

Обычно для получения исходного газа и его подготовки для синтеза метанола применяют парокислородную, паровую, паровую с дозированием диоксида углерода, высокотемпературную и некоторые другие виды конверсии. Вид конверсии определяется технологическими факторами и зависит от состава природного газа.

Промышленные способы получения исходного газа:

1. Каталитическая парокислородная конверсия природного газа с дозированием диоксида углерода.

Каталитическая конверсия природного газа в шахтных конверторах часто встречается в промышленном производстве метанола, причем она комбинируется с другими методами получения исходного газа.

Парокислородная конверсия при атмосферном давлении применяется с дозированием диоксида углерода, выделяющегося в генераторе из раствора моноэтаноламина. В данном случае диоксид углерода используется для смещения равновесия реакции водяного газа.

2. Высокотемпературная конверсия метана.

Этот процесс можно проводить при любом давлении, так как высокая температура обеспечивает низкое содержание метана в конвертированном газе. Это позволяет создать производства метанола с единым давлением на стадиях подготовки газа и синтеза метанола.

3. Каталитическая паровая конверсия природного газа в трубчатых печах с дозированием диоксида углерода.

Именно такой способ подготовки природного газа применяется на большинстве агрегатах производства метанола. Поскольку при паровой конверсии объем газа увеличивается, что при последующем сжатии газа приводит к повышению расхода энергии, разработки последних лет основаны на применении конверсии под давлением

4. Комбинированные методы.
5. Использование синтез-газа, отходящего от производства ацетилена.
6. Газификация жидких и твердых топлив.

Изучение процесса синтеза метанола на цинк-хромовых катализаторах проводилось многими исследователями. Для достижения максимальной производительности синтез метанола необходимо проводить при наибольших давлениях и объемной скорости газов.

Промышленный синтез метанола из оксидов углерода и водорода при низких температурах (210-270°C) может быть проведен при разных давлениях.

1. Синтез под давлением 3,9-5,9 МПа.

Для производства метанола при этом интервале давлений используют медь-цинк-хром оксидный катализатор. Такой катализатор известен под маркой СНМ – 1. Очень высокая активность катализатора в начальный период позволяет работать уже при температуре газа на входе в колонну, равной 210°C, однако со временем активность катализатора снижается.

Таким образом, зона максимальной скорости реакции по мере старения катализатора смещается к нижележащим слоям.

2. Синтез под давлением 9,8-15,0 Мпа.

Температура процесса является одним из важных технологических параметров эксплуатации промышленных производств. Чем активнее катализатор, тем при более низкой температуре образуется метанол с приемлемой скоростью.

3. Синтез под давлением 19,6-29,4 Мпа.

Увеличение мощности производств метанола под низким давлением затрудняется созданием и транспортированием крупногабаритного

оборудования. Повышение давления в системе синтеза метанола приводит к увеличению объемной скорости газа, снижению содержания паров метанола в газах циркуляции и некоторому повышению температуры.

1.3. Свойства готового продукта

Поливинилацетат – карбоцепной полимер, содержащий в каждом звене макромолекулы ацетатную группировку: $[-CH_2 - CH(OCOCH_3)-]_n$.

Это аморфное бесцветное вещество, не имеющее вкуса и запаха. Молекулярная масса варьируется от 10 до $1600 \cdot 10^3$ а.е.м.

Поливинилацетат обладает хладотекучестью, устойчив к старению в атмосферных условиях, высокой адгезией к различным поверхностям, хорошими оптическими свойствами, износостоек.

Химические свойства:

- хорошо растворим в кетонах, сложных эфирах, хлорированных и ароматических углеводородах, метаноле, хуже – в этаноле; не растворим в воде, алифатичных углеводородах, бензине, минеральных маслах, гликолях;
- омыляется водными растворами кислот или щелочей и подвергается алкоголизу под действием каталитических количеств кислот и алкоголятов щелочных металлов в безводных средах с образованием ПВС;
- окисляется концентрированной азотной кислотой до щавелевой кислоты;
- при нагревании до 180-200°C происходит деструкция, сопровождающаяся выделением уксусной кислоты и образованием одиночных и сопряженных двойных связей в основной цепи полимера.

В промышленности поливинилацетат получают радикальной полимеризацией винилацетата в растворе, эмульсии или суспензии. Далее будет рассмотрена подробная схема получения ПВА в растворе.

2. Производство ПВА в растворе

Процесс полимеризации ВА в растворе периодическим методом осуществляем в эмалированных реакторах вместимостью 16 м³, снабженном рамной мешалкой с частотой вращения 2-35 об/мин, рубашкой и конденсатором-холодильником.

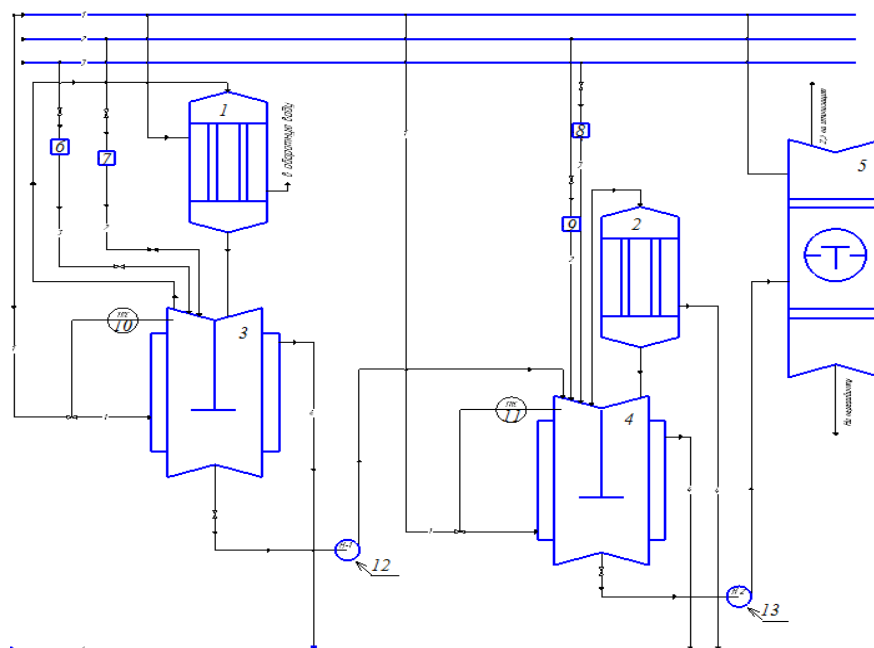


Рисунок 1. Технологическая схема установки полимеризации винилацетата в растворе. 1,2 — обратный холодильник; 3,4 — полимеризатор оборудованный мешалкой; 5 — ректификационная колонна; 6,7,8,9 — мерник; 10,11 — прибор для измерения температуры; 12,13 — центробежный насос.

В соответствии с заданной рецептурой из мерников в полимеризатор подают ВА, метанол, раствор инициатора (ДАК) в метаноле с концентрацией 0,05% масс. Реакция продолжается 10ч. Полимеризатор обогревается горячей водой, подаваемой в рубашку аппарата. Реакционная смесь закипает при 68°C (в зависимости от содержания в ней растворителя) и избыток теплоты экзотермической реакции отводится за счет испарения азеотропной смеси ВА-метанол, а при подъеме температуры выше 70°C в рубашку аппарата подают холодную воду. Пары, не сконденсировавшиеся в конденсаторе, охлаждаемой

водой, поступают в холодильник, охлаждаемый рассолом с температурой от -10 до -13°C.

По мере нарастания вязкости реакционной массы постепенно уменьшают частоты вращения мешалки. После завершения реакции раствор низкомолекулярного полимера разбавляют метанолом до концентрации 35-40%масс. Конверсия ВА достигает 98%.

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

3.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Все предприятия стремятся получить наиболее качественную продукцию поливинилацетата, отвечающую требованиям, предъявляемым к ней, с минимальными затратами на процессы подготовки и дальнейшей транспортировки. В связи с этим, российские предприятия будут целевым рынком для результатов исследования.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование [13].

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Сегментация рынка производства поливинилацетата по следующим критериям показана в таблице 14 [13]:

Таблица 14– Сегментация рынка поливинилацетата[9].

		Размер компании	
		Средняя	Крупная
Виды отрасли	Производство оконных профилей		+++++
	Производство труб	////////	+++++
	Производство пленок		+++++
	Производство деталей для фурнитуры		+++++
	Производство гранул полимера	////////	+++++
	Производство листового полимера	////////	+++++

ОАО «Саянскхимпласт»

+++++

ОАО «Каустик»

////////

(г. Волгоград)

3.2. Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 15.

Таблица 15 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)[9].

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности труда пользователя	0,20	5	3	3	0,50	0,50	0,30
Удобство в эксплуатации	0,10	5	3	4	0,50	0,37	0,60
Качество продукта	0,10	5	4	4	1,00	1,00	0,90
Длительность производственного цикла	0,10	5	3	5	0,50	0,30	0,40
Простота эксплуатации	0,10	5	4	3	1,00	0,40	0,50
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,10	5	5	5	0,50	0,50	0,50
Уровень проникновения на рынок	0,07	5	4	5	0,35	0,29	0,35

Цена	0,08	5	4	4	0,35	0,08	0,07
Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	3	4	0,15	0,14	0,18
Итого	1,00				4,85	3,8	3,8

B_{ϕ} – продукт проведенной работы;

$B_{к1}$ – ОАО «Саянскхимпласт»;

$B_{к2}$ – ОАО «Каустик».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i – го показателя.

K конкурентным преимуществам производимого продукта, можно отнести: высокое качество продукта, простота эксплуатации, сокращение производственного цикла, высокую конкурентоспособность продукта и уровень проникновения на рынок. Эти качества помогут завоевать доверие покупателей путем предложения товара высокого качества со стандартным набором определяющих его параметров.

3.3. SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 16[11].

Таблица 16 - Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Простота применения С2. Адекватность разработки С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта. С4. Относительно невысокая денежная и временная затратность проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие сертификации Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца Сл.4 Отсутствие бюджетного финансирования.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Использование инфраструктуры ОЭЗ ТВТ Томск В3. Появление потенциального спроса на новые разработки В4. Уменьшение значимости или достоинства конкурентных разработок	Простота применения и адекватность разработки может вызвать спрос на нее, а это в свою очередь увеличит количество спонсоров. Кроме того, унифицированность и адекватность разработки может уменьшить конкурентоспособность других разработок. Невысокая затратность проекта может привлечь больше сотрудников и исполнителей.	Инновационные инфраструктуры ТПУ и ОЭЗ ТВТ Томск могут оказать помощь в финансировании проекта. При снижении конкурентоспособности подобных разработок и при появлении спроса на новые может появиться возможность использования данной НИР в компаниях использующих традиционные методы переработки нефти.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии У2. Значимая конкуренция	В силу того, что в данной разработке используется более новая информация наряду со старой, то это может повысить спрос и	Отсутствие прототипа научной разработки говорит об отсутствии спроса на новые технологии и отсутствии

У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации	конкуренцию разработки. В силу малой затратности проекта представляется возможность вложения дополнительных денежных средств в другие услуги, такие как сертификация.	конкуренции проекта. Несвоевременное финансирование научного исследования приведет к невозможности получения сертификации.
У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа, который состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в табл. 17.

Таблица 17 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	-	-	-	+
B2	-	-	-	+	
B3	+	+	+	-	
B4	+	+	+	-	
Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	0	+	0	-
	У2	+	+	+	+

	У3	-	-	-	0
	У4	-	-	-	-
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	-	-	-	+
	В2	-	-	0	+
	В3	+	+	+	0
	В4	+	+	-	-
Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	0
	У2	0	+	0	-
	У3	-	0	-	-
	У4	-	+	-	+

В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе. В этом случае, возможности описываются следующим образом: В2В3С2С3.

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (табл. 18).

Таблица 18 - SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Простота применения С2. Адекватность разработки С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта. С4. Относительно невысокая денежная и временная затратность проекта</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие сертификации Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца Сл.4 Отсутствие бюджетного финансирования.</p>
<p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p>	<p>Простота применения, адекватность разработки, использование более свежей информации в проекте увеличит спрос и конкурентоспособность</p>	<p>Помощь в финансировании проекта и его сертификации могут оказать инновационные инфраструктуры(В1В2Сл2Сл4). Необходимо снизить конкурентоспособность</p>

<p>В2. Использование инфраструктуры ОЭЗ ТВТ Томск</p> <p>В3. Появление потенциального спроса на новые разработки</p> <p>В4. Уменьшение значимости или достоинства конкурентных разработок</p>	<p>НИР (В3В4С1С2С3). При подключении в работу инновационных структур уменьшается время разработки и появляются дополнительные денежные средства(В1В2С4).</p>	<p>подобных разработок и расширить использование данной НИР во многих компаниях (В3В4Сл1Сл3).</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии</p> <p>У2. Значимая конкуренция технологий производства</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации</p> <p>У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Использование более новой информации, простота и адекватность математической модели позволяют повысить спрос и конкуренцию разработки, что уменьшает влияние финансирования (С1С2С3У1У2У4).</p> <p>В силу малой затратности проекта представляется возможность вложения дополнительных денежных средств в другие услуги, такие как сертификация (С4У3).</p>	<p>Отсутствие прототипа, сертификации научной разработки, невозможность использования в компаниях с традиционными методами обработки нефти приведет к отсутствию спроса и отсутствию конкуренции проекта (У1У2Сл1Сл2Сл3), а отсутствие финансирования приведет к невозможности получения сертификации (У3Сл4).</p>

4. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 19 - Морфологическая матрица для методов получения поливинилацетата

	1	2	3
А. Мономер	Винилацетат (100)	Винилацетат (100)	Винилацетат (100)
Б. Растворитель	Метиловый спирт (50)	Этиловый спирт (100)	Метиловый спирт (100)
В. Инициатор	Динитрил азобисизомасляной кислоты (0,1)	Перекись бензоила (0,1)	Динитрил азобисизомасляной кислоты (0,1)
Г. Регулятор		Пропионовый альдегид (0,1)	

5. Планирование научно – исследовательских работ

5.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке [13]:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в которую входят преподаватели, библиотекари, службы распечатки. Далее составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведено в таблице 20 [13].

Таблица 20 – Перечень этапов, работ

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Библиотекарь и студент (дипломник)
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент (дипломник)
	7	Утверждение лучшего результата	Научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Студент (дипломник)
	9	Определение целесообразности проведения ВКР	Студент (дипломник)

Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Студент (дипломник)
	11	Выбор и расчет конструкции	Студент (дипломник)
	12	Оценка эффективности производства	Студент (дипломник)
	13	Утверждение технической документации и схемы.	Научный руководитель
Оформление отчета (комплекта документации по ВКР)	14	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студент (дипломник)

5.2. 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 $t_{ожі}$ используется формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (2)$$

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

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел. – дн.;

t_{maxi} – 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. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как

удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (3)$$

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.

5.3. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном 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 – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (4)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (5)$$

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.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в единую таблицу 21.

Таблица 21 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{\text{ожг}}$, чел-дни				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		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление ТЗ	3	3	2	4	4	2	4	4	2	Руковод.	4	4	2	5	5	3
Изучение литературы	20	19	21	25	26	27	22	21	23	Студ	22	21	23	30	29	34
Выбор напр. исслед.	3	2	2	3	4	3	3	2	2	Руковод., студ.	1	1	1	1	1	1
Теоретические исследования, расчёты, чертежи	25	23	24	35	34	23	29	27	24	Руковод., студ.	14	13	12	19	18	16

Оформление отчета по ВКР	14	15	13	21	20	24	16	17	18	Студ Рук.	8	8	9	11	11	12
--------------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----------	---	---	---	----	----	----

На основе таблицы 21 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. План-график приведён в таблице 22 [13]:

Таблица 22 – Календарный план-график проведения ВКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	T_{ki}	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление ТЗ	Руковод.	4	■													
2	Изучение литературы	Студент (дипломник)	31		▨	▨	▨										
3	Выбор напр. исслед.	Руков., студ.	1							▨							
4	Теоретические исследования и расчёты	Руков., студ.	17							■	▨						
5	Оформление отчета по НИР	Руков., студ.	12											▨	■		

Руководитель - ■ ; Студент - ▨ ;

5.4. Бюджет научно – технического исследования (НТИ)

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

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

5.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения данной ВКР требуются материальные затраты на:

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

Материальные затраты данного НТИ представлены в табл. 20.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле [13]:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.); Π_i – цена приобретения единицы i -го вида

потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);
 k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 22 [13].

Таблица 22 – 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
Винилацетат	кг	31000	31000	31000	70	70	70	2170000	2170000	2170000
Этиловый спирт	кг	0	31000	0	0	41	0	0	1271000	0
Метанол	кг	15500	0	31000	27	0	27	418500	0	83700
Перекись бензоила	кг	0	31	0	0	400	0	0	12400	0
Динитрил азобисизомасляной кислоты	кг	31	0	31	970	0	970	30070	0	30070
Пропионовый альдегид	кг	0	3	0	0	460	0	0	1380	0
Итого:								2618570	3454780	3037070

5.4.2. Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}}, \quad (7)$$

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

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

Результаты расчетов приведены в табл.11.

Таблица 23 – Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ.

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизацион ных отчислений,руб.
1.	Реактор	2	600000	30000
2.	Холодильник	2	150000	7500
3.	Колона	1	900000	45000
4.	Насос центробежный	2	30000	3000
5.	Насос-Дозатор	1	35000	3500
Итого		10	1715000	89000

5.4.3 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:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (8)$$

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:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (9)$$

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

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб.дн. (табл.16).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (10)$$

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 табл. 24 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 24–Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	121	121	121	121
Количество нерабочих дней				
выходные дни:	17	17	17	17
праздничные дни:	6	6	6	6
Потери рабочего времени				
отпуск:	0	0	0	0
невыходы по болезни:	0	0	0	0

Действительный годовой фонд рабочего времени	98	98	98	98
--	----	----	----	----

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (11)$$

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

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

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 табл. 25.

Таблица 25 – Расчёт основной заработной платы:

Категория	$Z_{тс}$, руб.	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель							
ППСЗ	27344	0,35	1,3	58652,9	1939	10	19390
Бакалавр							
ППС1	13550	0,35	1,3	29064,8	960	44,4	42659,5
Консультант ЭЧ							
ППСЗ	22870	0,35	1,3	49056,2	1621,7	3,9	6324,6
Консультант СО							
ППСЗ	24500	0,35	1,3	52522,5	1737,3	4,7	8165,3

Общая заработная исполнителей работы представлена в табл. 26.

Таблица 26 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зн}$, руб.
Руководитель	19390	2908,5	22298,5
Бакалавр	42659,5	6399	49058,5

Консультант ЭЧ	6324,6	948,7	7273,3
Консультант СО	8165,3	1224,8	9390,1

5.4.4 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 отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [13]:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot Z_{\text{осн}}; \quad (11)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (таблица 27) [13].

Таблица 27 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	19390	2908,5
Бакалавр	42659,5	6399
Консультант ЭЧ	6324,6	948,7
Консультант СО	8165,3	1224,8
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30	
Итого:	26846,2	

5.4.5 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:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4), \quad (12)$$

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 НИИ составляют 137446,7 руб.

5.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) 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 по каждому варианту исполнения приведен в таблице 28 [13].

Таблица 28 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	1036918	1048750	1057910	табл. 10
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	1897700	1897700	1897700	табл. 11

3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	76539,4	76539,4	76539,4	табл.14
4 Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11481	11481	11481	-
5. Отчисления во внебюджетные фонды	26846,2	26846,2	26846,2	табл.15
6. Накладные расходы	137446,7	137446,7	137446,7	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	5331937,92	5331937,92	5333257,92	Сумма ст. 1-6

Как видно из табл. 28 основные затраты НТИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы.

6. 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 показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования (см. табл. 16). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a , b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 29) [13].

Таблица 29 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта[12].

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	2	4
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3	3
4. Энергосбережение	0,20	4	3	4

5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
ИТОГО	1	4,3	3,3	4

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}} \quad (1.15), \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \quad \text{и т.д.} \quad (15)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}) [13]:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (16)$$

Таблица 30 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,92	0,87	0,92
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,94	3,44	3,75
3	Интегральный показатель эффективности	4,28	3,95	4,07
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,08	0,92	1,03

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции

финансовой и ресурсной эффективности. Таким вариантом решения поставленной задачи является вариант 1.