

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 установки суспензионной сополимеризации 9-винилкарбазола со стиролом УДК 678.743.22: 547.759.32.095.26-922

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Дудик Елена Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТОВМП	Ротарь О.В.	Кандидат химических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Рыжакина Т. Г.	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Гусельников М.Э.	Кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТОВМП	Юсубов М. С.	Доктор химических наук, профессор		

Томск – 2016 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной
работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Б	Дудик Елене Владимировне

Тема работы:

Проект установки суспензионной сополимеризации 9-винилкарбазола со стиролом	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22.03.2016 №2233/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	6.06.2016
--	-----------

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, влияние на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ)</i></p>	<p>Производительность- 20 т/год; процесс периодический, инициатор-перекись бензоила(0,25%), растворитель-гексан.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выявления достижений мировой науки техники рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования, содержания процедуры исследования, проектирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p>	<p>Рассмотрены такие разделы как: Аналитический обзор литературы Материальный баланс Тепловой баланс Аппаратурный расчет Финансовый менеджмент Социальная ответственность</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Технологическая схема производства Сборочный чертеж реактора (вид общий) Сборочные единицы (деталировка)</p>

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.09.15
--	----------

Задание выдал руководитель:

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

		Ст.н.с		
--	--	--------	--	--

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Б	Дудик Елена Владимировна

Институт	ИПР	Кафедра	ТОВПМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p style="text-align: center;">Сополимеризации поливинилкарбазола из 9-винилкарбазола со стиролом суспензионным способом.</p> <p>Область применения поливинилкарбазола: в электрофотографии, в создании микрофильмов, в получении тонких прозрачных пленок.</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p>	<p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
--	---

	пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
2. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<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.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Дудик Елена Владимировна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

**«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Б	Дудик Елене Владимировне

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

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1 Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, нормативно-правовых документах.
2 Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3 Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта
3 Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
4 Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности проекта установки суспензионной сополимеризации 9-винилкарбазола со стиролом
Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет НИИ 4. Расчёт денежного потока 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ 6. Сравнительная эффективность разработки 	

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Дудик Елена Владимировна		

Реферат

Дипломная работа 90 страниц, 23 источников, 9 рисунка, 30 таблиц, 23 литературных источников, 3 листа графических материалов.

Ключевые слова: 9-винил карбазол, стирол, сополимер 9-винилкарбазола со стиролом, суспензионная сополимеризация.

Цель работы – расчет и проектирование установки получения сополимера 9-винил карбазола со стиролом суспензионным способом с производительностью 20 т/год.

Проводился материальный и тепловой расчет, по результатам которых были рассчитаны размеры реактора смешения периодического действия (РПД) емкостного типа.

В результате исследования была спроектирована общая технологическая схема производства сополимера 9-винилкарбазола со стиролом суспензионным способом, произведен расчет основного аппарата.

Бакалаврская работа выполнена в текстовом редакторе MicrosoftWord 2010 шрифтом TimesNewRoman №14, с использованием прикладных программ: «Компас – 3Dv16».

Содержание

Введение.....	11
1. Техничко-экономическое обоснование	13
1.1 Исходные сырье, продукты и полупродукты	13
1.1.1 9-винилкарбазол	14
1.1.2 Стирол	16
1.1.3 Стабилизатор	17
1.1.4 Инициатор.....	17
1.1.5 Сополимер стирола и 9-винилкарбазола	18
1.2 Физико - химические основы процесса.....	18
1.3 Применение сополимера.....	20
2. Теоритическая часть	21
2.1 Полимеризация.....	21
2.1.1Сравнение полимеризации и поликонденсации	21
2.1.2 Сравнение радикальной и ионной полимеризации	22
2.1.3 Типы инициаторов	25
3. Технология сополимерииции	31
3.1 Описание технологической схемы (Приложение 1)	31
4. Инженерные расчеты	32
4.1 Блок-схема сополимеризации.....	32
4.2 Общий материальный баланс	Ошибка! Закладка не определена.
4.2.1 Материальный баланс по стадиям.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.3 Технологический расчет реактора.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.3.1 Выбор типа основного аппарата.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.3.2.Выбор материала	Ошибка! Закладка не определена.

4.3.3	Расчет размеров аппарата.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.4	Тепловой расчет реактора.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение	33
5.1	Анализ конкурентных технических решений.....	33
5.2	SWOT-анализ.....	34
5.3	Технология QuaD	36
5.4	Структура работы в рамках научного исследования	39
5.6	Определение трудоемкости выполнения работ	41
5.7	Планирование научно – исследовательских работ.....	42
5.7.1	Организационная структура проекта.....	42
5.7.2	Структура работ в рамках научного исследования.....	43
5.7.3	План проекта	46
5.8	Бюджет научного исследования.....	47
5.8.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	47
5.8.3	Основная заработная плата исполнителей темы	50
5.8.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	50
5.8.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	51
5.8.6	Накладные расходы	52
5.8.7	Формирование бюджета затрат научно исследовательского проекта	52
5.9	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	53
6	Социальная ответственность	Ошибка! Закладка не определена.
6.1	Производственная безопасность	Ошибка! Закладка не определена.
6.2	Индивидуальные и коллективные средства защиты работающих	Ошибка! Закладка не определена.
	Заключение	57

Список литературы **Ошибка! Закладка не определена.**

Графический материал :

ФЮРА. 180301.407 ТС Технологическая схема. На отдельном листе.

ФЮРА. 180301.407 ВО Реактор. Общий вид. На отдельном листе.

ФЮРА. 180301.407 СБ Сборочные единицы. На отдельном листе.

Введение

Значение коксохимической промышленности, являющейся наряду с нефтехимией, крупным поставщиком сырья для промышленности органического синтеза, обусловлено крупнотоннажным производством, широким ассортиментом выпускаемых продуктов и в ряде случаев их уникальностью. К тому следует иметь в виду, что химические продукты коксования являются попутными продуктами, неизбежно получаемыми при производстве кокса. Их выделение всегда будет целесообразным, поскольку затраты необходимы не на их получение, а только на выделение этих продуктов в чистом виде.

Независимо от сорта углей, подвергающихся коксованию, режимов коксования и прочих факторов качественный состав сырых антраценов любых заводов одинаков: все они на 85-90% состоят из трех веществ антрацена, карбазола и фенантрена, находящихся там только в различных количественных соотношениях.

Представление о потенциальных ресурсах одного из этих веществ – карбазола дают следующие данные. Если принять, что выход каменноугольной смолы составляет 3,2% от веса угля, а содержание карбазола в ней 2%, то ресурсы карбазола составят величину порядка 100 тыс. т в год. С ростом масштабов производства кокса, естественно, увеличиваются и ресурсы химических продуктов коксования, в том числе и карбазола.

Приведенные данные показывают, что карбазол уже в настоящее время может явиться надежной сырьевой базой для создания ряда производств органического синтеза.

Впервые промышленный синтез на основе карбазола начал развиваться в Германии в 1910г., когда из него стали выпускать высокопрочные красители. В дальнейшем карбазол нашел себе применение в качестве сырья для синтеза азотолов, некоторых инсектицидов (нитро – и

нитро-хлор-карбазолов), и, наконец, полимеров и сополимеров 9-винилкарбазола, выпуск которых с 1942 г. осуществляется также в США.

В настоящее время карбазол выделяется и производится только в Донецке, и то в небольшом количестве в качестве реактива. Хотя в Германии его используют для получения термостойких полимеров и сополимеров, обладающих необычайно низкой электропроводимостью, а также для получения красителей.

В 1957 году впервые запатентовано и описано применение полимеров и сополимеров на основе 9-ВК в электрофотографии в качестве оптически чувствительной пленки, содержащей сенсibilизаторы различных типов [1].

Интерес к карбазолсодержащим полимерам по-прежнему сохраняется по причине уникальности и практической ценности их свойств: диэлектрическими, фоточувствительными, механическими и адгезионными.

Немногие из известных полимеров совмещают в себе эти свойства одновременно.

Для снижения хрупкости, свойственной ПВК, и высокой температуры размягчения, выгодно получение сополимеров, свойства которых, в первую очередь диэлектрическая проницаемость, являются такими же, как свойства самого гомополимера винилкарбазола.

1. Техничко-экономическое обоснование

Основное внимание исследователей уделялось ранее изучению прочностных, диэлектрических и теплофизических свойств поливинилкарбазола (ПВК). Второе рождение полимеры на основе карбазола получили после открытия Г. Хеглем в середине 50-х гг. прошлого столетия фоточувствительных свойств у ПВК. Это открытие показало пути создания разнообразных систем записи визуальной информации: электрофотографии, термопластической записи информации, голографии и др. Данный мономер привлекает к себе пристальное внимание исследователей по причинам значительной практической ценности полимеров и сополимеров на его основе, обладающих фоточувствительными и диэлектрическими свойствами.[1].

Сополимеры 9-ВК с другими виниловыми мономерами, и свойства сополимеров по своим эксплуатационным характеристикам оказались иногда гораздо лучшими по сравнению с чистым ПВК. Поэтому интерес к методам получения сополимеров на основе 9-ВК в настоящее время усилился.

Количественная характеристика способности ВК вступать в реакции сополимеризации с другими ненасыщенными соединениями впервые была дана Т.Алфреем и С. Капуром на примере сополимеризации ВК с метилметакрилатом и стиролом. Стирольный мономер присоединяется как к собственному мономеру, так и к радикалу ВК значительно быстрее, чем в ВК.

Анализ литературных данных [2] показал, что полимеризация 9-ВК или носит специфический характер. Так, скорость полимеризации 9-ВК в присутствии CBr_4 в 9 раз выше, чем в бензоле в присутствии инициатора радикального типа.

1.1 Исходные сырье, продукты и полупродукты

1.1.1 9-винилкарбазол

9-винилкарбазол является бесцветным кристаллическим твердым веществом, темнеющим на свету. Он не растворим в воде, но растворим в следующих растворителях: этаноле, пентане, гексане, диоксане, ацетоне, бензоле и его производных, циклогексане, хлороформе, хлористом метиле и др.

В литературе [3] указаны различные температуры плавления (Т.пл.) ВК-от 60⁰С до от 70⁰С. Низшие значения температуры плавления 60÷40⁰С относятся к техническим продуктам. Принято считать чистым ВК с Т.пл 66÷67 ⁰С, хотя замечено, что температура плавления мономера зависит от применяемого при очистке растворителя.

Определить истинную температуру кипения (Т.кип.) ВК очень трудно, так как прежде чем достигается Т.кип., начинается его сублимирование. В работе Мыльникова В.С.были получены следующие величины:

Таблица 1

Т.кип., ⁰ С	Упругость пара,мм рт.ст.
110	1
150-155	2

Зависимость плотности ВК (ρ_m) и его полимера (ρ_n) от температуры задаются выражениями, г/см³:

$$\rho_m=1,168-6,9*10^{-4}*T;$$

$$\rho_n=1,290-3,0*10^{-4}*T,$$

где Т-температура,⁰С.

$$\rho_m= 0,959 \text{ г/см}^3$$

Химические свойства 9-винилкарбазола

Химические свойства ВК определяются главным образом наличием винильной группы, связанных с именованным азотом. поэтому для него характерны два основных типа реакций – реакции с расщеплением связи С-

Ни реакции присоединения к двойной связи винильной группы. к последним относятся также реакции полимеризации и сополимеризации.

Реакции присоединения по двойной связи

В соответствии с выраженным эффектом π -сопряжения и повышенной электронной плотностью на двойной связи винильная группа ВК обладает очень высокой активностью к действию электрофильных реагентов и свободных радикалов, легко вступает в реакции (2+2)-циклоприсоединения с электронодефицитными олефинами и практически инертна к нуклеофильным реагентам.

ВК очень легко при низких температурах реагирует с галогенами и межгалогидными соединениями, образуя в зависимости от условий соединения разнообразного строения: полимеры, молекулярные комплексы, продукты присоединения по С=С связи и галогенирования ядра.[4]

При бромировании ВК в бензоле и при хлорировании в CCl_4 выделены кристаллические продукты, которым на основании данных элементного анализа приписано строение вида 9-(1,2-дихлорэтил) карбазола и его 3,6-дихлопроизводного. других прямых доказательств в строении образующихся соединений не приводится.

Взаимодействие ВК с йодом приводит к катионной полимеризации. Г.Клемо и В.Перкин определили, что ВК не устойчив в водных средах, содержащих кислоты, и легко гидролизуется.

ВК достаточно инертен по отношению к спиртам, но под действием электрофильных катализаторов проходит быстрое присоединение спиртов к винильной группе с получением 9-(1-алкоксиэтил) карбазолов.

Двойная связь ВК раскрывается не только под действием электрофильных реагентов. Давно известно, что ВК легко гидрируется над никелем. превращаясь в 9-этилкарбазол с хорошими выходами.

ВК реагирует также с сероводородом и меркаптанами следующим образом. Если на раствор ВК в этиловом спирте действовать H_2Sv

присутствии небольшого количества едкого калия, то после охлаждения выделяется β, β' -бис-(9-карбазолил)диэтилсульфид с $T_{пл} 204^{\circ}\text{C}$.

1.1.2 Стирол

Стирол (винилбензол, фенилэтилен) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH=CH}_2$ — бесцветная жидкость с характерным сладковатым запахом, с температурой кипения $145,2^{\circ}\text{C}$, с температурой плавления $-30,6^{\circ}\text{C}$ и с плотностью $0,906 \text{ т/м}^3$. Плохо растворим в воде ($0,05\%$ мас.), образуя с ней азеотропную смесь с температурой кипения $34,8^{\circ}\text{C}$, смешивается во всех отношениях с метанолом, этанолом, диэтиловым эфиром, ацетоном, четыреххлористым углеродом. Хорошо растворяет различные органические вещества. Критическая температура стирола составляет 373°C [5].

Стирол легко окисляется кислородом воздуха с образованием бензальдегида и формальдегида и перекисей, инициирующих его полимеризацию. Пары стирола образуют с воздухом в узком интервале концентраций взрывчатые смеси с пределами воспламенения $1,1$ и $6,1\%$ об. Температура вспышки стирола равна 34°C , температура воспламенения 490°C .

Пары стирола в высоких концентрациях вызывают слезотечение и раздражение дыхательных путей. ПДК составляет $0,5 \text{ мг/м}^3$, для производственных помещений допускается $5,0 \text{ мг/м}^3$.

Стирол легко полимеризуется с выделением тепла, особенно при нагревании, образуя метастирола — стекловидную твердую массу, которая представляет твердый раствор полистирола в стироле. Тепловой эффект полимеризации стирола составляет $74,5 \text{ кДж/моль}$. Во избежание самопроизвольной полимеризации стирол хранится и транспортируется в присутствии ингибиторов — гидрохинона, γ -трет-бутил-пирокатехина, диоксим- n -хинона и др., которые перед использованием удаляются перегонкой продукта в вакууме или промывкой раствором гидроксида натрия.

Если стирол предназначен для полимеризации в эмульсии или суспензии, то после щелочной промывки и последующей отмывки водой мономер не сушат.

В некоторых случаях (например, при использовании стирола для термической полимеризации в блоке) вводить ингибитор в стирол нецелесообразно, так как тщательная очистка его перегонкой под вакуумом является довольно сложной операцией. В таких случаях хранение осуществляют в среде азота[5].

1.1.3 Стабилизатор

Гексан — насыщенный углеводород C_6H_{14} , относящийся к классу алканов.

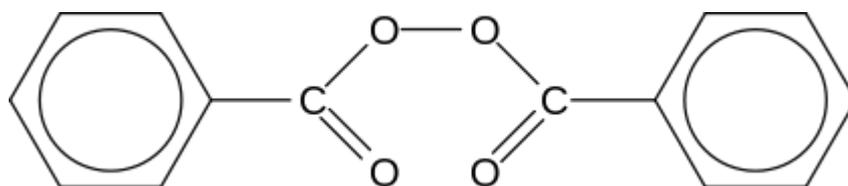
Бесцветная жидкость со слабым запахом (напоминающим дихлорэтан).

Молекулярная масса (в а.е.м.): 86,18 Температура плавления (в °C): -95,34 Температура кипения (в °C): 68,742 Температурные константы смесей: 66,9 °C (температура кипения азеотропа, давление 1 атм) аллилбромид 45% гексан 55% Растворимость (в г/100 г или характеристика): вода: 0,014 (15°C)

Пары гексана обладают сильным наркотическим действием[6].

1.1.4 Инициатор

Бензоилпероксид (дибензоилпероксид, пероксид бензоила) — органическое соединение ароматического ряда, относящееся к диацилпероксидам и содержащее пероксидную группу O-O, связанную с двумя бензоильными группами $C_6H_5-C(O)-$.



1.1.5 Сополимер стирола и 9-винилкарбазола

В результате процесса полимеризации образуется сополимер стирола и 9-винилкарбазола.

1.2 Физико - химические основы процесса

В основе технологического процесса получения сополимера 9-винилкарбазола и стирола лежат следующие процессы: перемешивание в жидкой среде, растворение, фильтрование, центрифугирование, нагревание, охлаждение, сушка.

Перемешивание - создание необходимого поля скоростей потоков жидкостей путем сообщения определенной энергии. Перемешивание широко применяется для получения суспензий, эмульсий и смесей твердых частиц а также для интенсификации процессов массообмена и теплообмена.

Наиболее распространенным способом перемешивания в жидких средах является механическое перемешивание при помощи мешалок, снабженных лопастями той или иной формы.

Растворение – физический процесс, характеризующийся переходом твердой фазы в жидкую. Растворимость – свойство вещества растворяться в разных растворителях.

Фильтрация – процесс разделения суспензий при помощи пористой перегородки, пропускающей жидкость (фильтрат) и задерживающей взвешанные в ней твердые частицы.

Различают следующие виды фильтрации:

- фильтрация с образованием слоя осадка на фильтровальной перегородке;
- сгущение - отделение твердой фазы от жидкой не в виде осадка, а в виде высококонцентрированной (сгущенной) суспензии;
- осветление – фильтрация жидкостей с незначительным содержанием твердой фазы.

Центрифугирование (фугование) наиболее распространенный способ разделения жидких неоднородных систем под действием центробежных сил.

Различают следующие процессы разделения суспензий в центрифугах:

- центробежное фильтрация;
- центробежное отстаивание;
- центробежное осветление.

Центрифугирование представляет собой по существу процессы отстаивания и фильтрации в поле центробежных сил.

Нагревание – это процесс сообщения тепла холодному веществу и является повседневным процессом в производстве лекарственных препаратов.

Охлаждение – это процесс, обратный нагреванию и заключается он в отводе тепла от горячего теплоносителя.

Для охлаждения до 10-30⁰С, наиболее широко используются доступные и дешевые охлаждающие агенты – воду и воздух. Для достижения более низких температур, применяют холодильные агенты: рассол, лед, пары жидкостей, кипящих при низких температурах.

Сушка – процесс удаления влаги из твердых или пастообразных материалов путем ее испарения и проводится это двумя способами:

- путем непосредственного соприкосновения сушильного агента (нагретого воздуха, топочных газов) с высушиваемым материалом – конвективная сушка;
- путем нагревания высушиваемого материала тем или иным теплоносителем через стенку, проводящую тепло – контактная сушка.

Также сушка проводится путем нагревания высушиваемых материалов токами высокой частоты – диэлектрическая сушка или инфракрасными лучами – радиационная сушка.

1.3 Применение сополимера

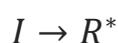
Сополимер стирола и 9-винилкарбазола отличается хорошими диэлектрическими свойствами. Сополимер обладает более высокой теплостойкостью в отличие от чистых мономеров стирола и 9-винилкарбазола. (120-140°С вместо 80°С). Сополимер может использоваться не только в качестве изоляционного материала[8].

2. Теоритическая часть

2.1 Полимеризация

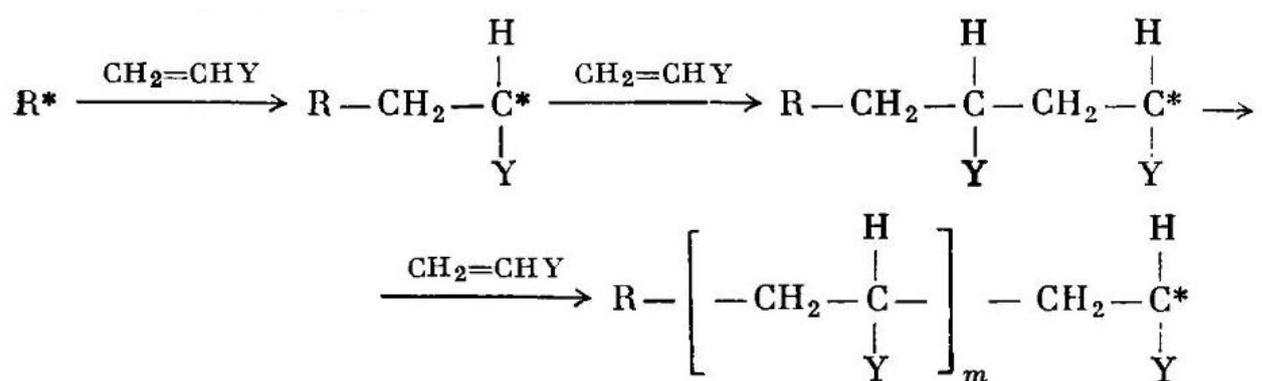
Полимеризация — процесс образования высокомолекулярного вещества путём многократного присоединения молекул низкомолекулярного вещества к активным центрам в растущей молекуле полимера.

Полимеризация инициируется активными частицами R^* , образующимися из некоторого соединения I , называемого инициатором или катализатором:



При присоединении активной частицы, которой может быть свободный радикал, катион или анион, к молекуле мономера с раскрытием π -связи образуется новый радикал, катион или анион.

Этот процесс неоднократно повторяется по мере присоединения все новых и новых молекул мономера к непрерывно растущему активному центру



В какой-то момент наступает обрыв растущей цепи вследствие гибели активного центра в результате тех или иных реакций, зависящих от природы активного центра и особенностей данного процесса.[10]

2.1.1 Сравнение полимеризации и поликонденсации

По своему механизму полимеризация и поликонденсация представляют два совершенно различных процесса. Основное отличие полимеризации заключается в том, что в ней полимер высокого молекулярного веса образуется в первые моменты реакции. Активный центр в момент своего образования присоединяет по цепному механизму много мономерных звеньев и поэтому быстро достигает больших размеров. Концентрация мономера непрерывно уменьшается на всем протяжении реакции по мере роста числа молекул высокого молекулярного веса. На любой стадии процесса в реакционной смеси присутствуют мономер, растущая полимерная цепь и конечный «мертвый» полимер. В ходе полимеризации молекулярный вес полимера остается практически неизменным, с увеличением продолжительности реакции растет лишь степень превращения мономера в полимер.

Совершенно иное положение имеет место в поликонденсации. В то время как при полимеризации могут реагировать только мономер с растущей цепью, при поликонденсации могут вступать во взаимодействие любые две частицы, находящиеся в системе. При поликонденсации мономер исчезает значительно быстрее, чем при полимеризации, так как первый процесс идет медленно с постепенным переходом от мономера к димеру, тримеру, тетрамеру и т.д. Молекулярный вес возрастает на всем протяжении реакции поликонденсации, причем высокомолекулярный полимер не удается получить, не достигнув высокой степени завершенности реакции. Поликонденсацию необходимо проводить в течении большого промежутка времени для получения полимера с высоким выходом и высоким молекулярным весом. [10]

2.1.2 Сравнение радикальной и ионной полимеризации

Способность мономера к полимеризации зависит от термодинамического и кинетического факторов. Если полимеризация

термодинамически не разрешена, то ее невозможно осуществить ни в каких условиях. Полимеризация возможна, если только разность свободных энергий ΔG мономера и полимера величина отрицательная. Отрицательная ΔG не означает, однако, что полимеризация пойдет в любых условиях. Возможность осуществления термодинамически разрешимой полимеризации зависит уже от ее кинетической разрешимости, то есть от того, протекает ли данный процесс с заметной скоростью в выбранных условиях реакции. Поэтому, хотя термодинамически возможна полимеризация широкого ряда ненасыщенных мономеров, для ее успешного осуществления часто требуется очень специфические условия, обеспечивающие кинетическую разрешимость реакции.

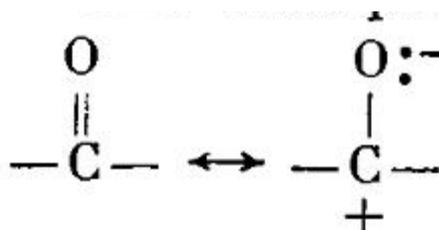
Хотя в полимеризации применяются радикальные, катионные и анионные инициаторы, их нельзя использовать подряд, без разбора, так как различные мономеры полимеризуются в присутствии инициаторов определенного типа. Мономеры обладают значительной селективностью по отношению к типу активных центров, которые вызывают их полимеризацию. Большинство мономеров полимеризуется под действием радикальных инициаторов, хотя скорость полимеризации сильно зависит от природы инициаторов и мономера. Вместе с тем мономеры очень чувствительны к инициаторам ионного типа. Одни мономеры могут не полимеризоваться в присутствии катионных инициаторов, тогда как и другие не полимеризуются с анионными инициаторами. Зависимость полимеризуемости мономера от типа инициатора иллюстрируется данными таблицы, из которой видно, в присутствии

Примеры полимеризации различных ненасыщенных мономеров

Мономер	Тип иницирования		
	радикальный	катионный	анионный
Этилен	+	+	+
1-Алкилолефины (α -олефины)	—	—	—
1,1-Диалкилолефины	—	+	—
Диены-1,3	+	+	+
Стирол, α -метилстирол	+	+	+
Галогенированные олефины	+	—	—
Сложные виниловые эфиры ($\text{CH}_2 = \text{CHOCOR}$)	+	—	—
Акрилаты, метакрилаты	+	—	+
Акрилонитрил, метакрилонитрил	+	—	+
Акриламид, метакриламид	+	—	+
Простые виниловые эфиры	—	+	—
N-Винилкарбазол	+	+	—
N-Винилпирролидон	+	+	—
Альдегиды, кетоны	—	+	+

каких инициаторов образуются полимеры высокого молекулярного веса. При этом, хотя термодинамически разрешима полимеризация всех мономеров, указанных в этой таблице, кинетически полимеризация возможна только в присутствии инициаторов определенного типа.

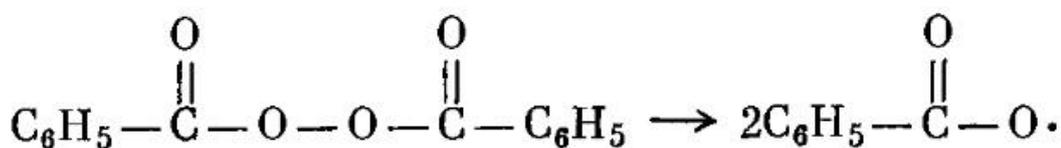
Основными типами связей, по которым идет полимеризация, являются двойная углерод-углеродная связь в алкенах и кислород-углеродная двойная связь в альдегидах и кетонах. При этом наиболее важное значение имеет полимеризация по углерод-углеводородной двойной связи. Карбонильные соединения не полимеризуются под действием радикальных инициаторов из-за того, что карбонильная связь в них поляризована



Полимеризация альдегидов и кетонов осуществляется в присутствии анионных и катионных инициаторов. [10]

2.1.3 Типы инициаторов

Термический гомолитический распад инициаторов-наиболее широко применяющийся в промышленности и исследовательской практике способ образования радикалов для инициирования полимеризации. Реакции полимеризации, инициируемые таким способом, часто называют реакциями *термически катализируемой* полимеризации. В качестве инициаторов можно использовать довольно ограниченный круг соединений. К ним относятся вещества с энергией диссоциации связей порядка 25-40 ккал/моль. Этому требованию удовлетворяют лишь несколько классов соединений, содержащих связи O-O, S-S, N-O. Вместе с тем из них только перекиси находят широкое применение в качестве источника радикалов. Другие классы соединений или недостаточно доступны или мало стабильны. Широко используются несколько типов перекисей. К ним относятся ацилперекиси, например перекись ацетила и перекись бензоила



Различные катализаторы применяются при разных температурах перекись ацетила – при 70-90 °С, перекись бензоила – при 80-95°С.

Широкое использование перекисей в качестве инициаторов связано с устойчивостью многих из них в широком интервале температур. Различия в

скоростях разложения разных инициаторов объясняется разным химическим строением их и образующихся из них радикалов. [10]

2.2 Сополимеризация

Для осуществления поликонденсации в большинстве случаев, например при синтезе полигексаметиленадипинамида или полиэтилентерефталата, необходимы два реагирующих вещества или мономера, и полученный продукт содержит цепи в структуры двух различных типов. При полимеризации для получения полимера требуется наличие только одного мономера. Однако можно проводить полимеризацию смеси двух мономеров для получения полимерных продуктов, содержащих две различные структуры в полимерной цепи. Такой тип полимеризации, когда одновременно полимеризуются два мономера, называется сополимеризацией, а образующийся продукт называется сополимером. Важно подчеркнуть, что сополимер не является сплавом или смесью двух гомополимеров, а содержит в каждой макромолекуле звенья обоих мономеров. Процесс можно изобразить следующим образом:



Оба мономера входят в сополимер более или менее произвольно, причем содержание их в полимере определяется их относительной концентрацией и реакционной способностью. Можно также проводить одновременную сополимеризацию смеси трех и более различных мономеров. Такие процессы полимеризации обычно называют многокомпонентной сополимеризацией. Применительно к системам из трех мономеров употребляется термин термополимеризация. [10]

2.2.1 Значение сополимеризации

Процессы сополимеризации важны по многим причинам. Значительная часть сведений о реакционной способности мономеров, радикалов, ионов карбония и карбоанионов в полимеризации получена в результате изучения сополимеризации. Особенно полезно изучение поведения мономеров в реакциях сополимеризации для выяснения влияния химической структуры на реакционную способность. Сополимеризация важна также с технологической точки зрения. Она в значительной степени увеличивает возможности получения полимерных продуктов со специфическими заданными свойствами. При полимеризации одного мономера (гомополимеризации) количество возможных продуктов сравнительно ограничено. Сополимеризация позволяет осуществить синтез практически неограниченного числа различных продуктов путем изменения природы и относительных количеств звеньев двух мономеров, содержащихся в сополимере.

Огромные возможности процесса сополимеризации видны на примере модификации свойств полистирола. Полистирол – хрупкий пластик с низкой ударной вязкостью и малой устойчивостью к действию растворителей. По этим причинам он имеет сравнительно ограниченную практическую ценность. При сополимеризации и термополимеризации стирола свойства полимера улучшаются, что значительно увеличивает его практическую полезность. В результате годовое производство полимерных продуктов, содержащих стирол, все время увеличивается. Сополимеры и термополимеры стирола находят применение не только в качестве пластиков, но и в качестве эластомеров. Так, например, сополимеризация стирола с акрилонитрилом и бутадиеном улучшает все эти свойства одновременно.

Другим примером большой важности сополимеризации является изменение свойств наиболее распространенного пластика – полиэтилена. При

сополимеризации этилена с небольшим количеством другого мономера, такого, как бутен-1, винилацетат или акрилат, получают сополимеры этилена, которые отличаются большей гибкостью, чем сам полиэтилен. Сополимеризация с большими количествами мономеров может превратить полиэтилен из пластика в эластор, как, например, недавно разработанные сополимеры этилена с пропиленом. Существуют и многие другие примеры технологической целесообразности процессов сополимеризации. [10]

2.3 Радикальная сополимеризация

В предыдущих разделах речь шла об общих положениях процесса сополимеризации, без учета механизма роста цепи. Рассмотрим теперь некоторые специфические особенности радикальной сополимеризации.

2.3.1 Влияние условий реакции

В дополнение к известному факту независимости констант сополимеризации мономеров от стадий инициирования и обрыва цепи было показано, что при радикальной сополимеризации эти константы почти совсем не зависят и от реакционной среды. Так, например, значения r и состав сополимера для системы стирол-метилметакрилат не меняются при проведении реакции в блоке, эмульсии или в таких разных по диэлектрической проницаемости растворителях как бензол и ацетонитрил, или даже в метаноле, в котором сополимер нерастворим. При эмульсионной или суспензионной полимеризации иногда образуются сополимеры, состав которых отличается от сополимера, полученного в блоке или растворе; такое явление наблюдается, когда состав сополимера в месте реакции (капельки мономера при суспензионной полимеризации и мицеллы при эмульсионной) отличается от состава в общем объеме реакционной системы. Это может происходить в следующих случаях: один из мономеров имеет ощутимую

растворимость в суспендирующей среде; один из мономеров предпочтительно адсорбируется образующимся в ходе реакции полимером; диффузия одного из мономеров в мицеллы при эмульсионной полимеризации происходит слишком медленно. Значения констант сополимеризации мономеров в этих системах остаются неизменными, а расхождения в составе сополимера обусловлены просто изменением значений $[M_1]$ и $[M_2]$ в месте реакции. Эти явления необходимо учитывать на практике, когда нужно получить сополимер определенного состава.

Влияние температуры на константы сополимеризации мономеров относительно малы. Например, значения r_1 и r_2 для сополимера стирола с метиметакрилатом равны 0,52 и 0,46 при 60°C и 0,59 и 0,54 при 131°C. Константа сополимеризации – это отношение двух констант скорости роста, а поэтому изменение r с температурой зависит от разницы энергий активации этих двух процессов. Этот эффект невелик, поскольку энергии активации радикальных реакций роста относительно малы, и различия между значениями их для разных реакций обычно незначительны. Повышение температуры приводит к уменьшению селективности сополимеризации, так как константы сополимеризации обоих сомономеров приближаются к единице (т.е. $r_1 = r_2 = 1$) и предпочтительно присоединения определенных мономеров к определенным радикалам уменьшается. Наибольшее влияние температура оказывает на те системы, у которых значения r заметно отличаются от единицы.

Хотя эти процессы полимеризации и сополимеризации при высоком давлении имеют промышленное значение, данных о влиянии давления на константы сополимеризации в литературе очень мало. Повышение давления уменьшает селективность сополимеризации, т.е. давление действует так же, как и температура. Например произведение $r_1 r_2$ равно 0,16 при 1 атм ($9,8 \cdot 10^4$ Па), 0,54 при 100 атм ($9,8 \cdot 10^6$ Па) и 0,91 при 1000 атм ($9,8 \cdot$

10^7 Па). Этот эффект был приписан увеличению реакционной способности радикала без изменения реакционной способности мономера. В ряде других систем, в том числе и при сополимеризации этилена, применение высокого давления сдвигает процесс в направлении условий идеальной сополимеризации. Однако для некоторых систем при увеличении давления получены значения $r_1 r_2$ 2-3. [10]

2.3.2 Реакционная способность

Константы сополимеризации для многих мономеров при радикальной сополимеризации приведены в табл. 6.2. Эти данные полезны для изучения зависимости между строением и реакционной способностью в реакциях радикальной полимеризации. Активность мономера по отношению к радикалу зависит как от активности мономера, так и от активности радикала. Относительные активности мономеров и соответствующих им радикалов можно вычислить при анализе данных по константам сополимеризации ($1/r$). Эта величина равна отношению скорости реакции радикала с другим мономером к скорости реакции его со своим собственным мономером. [10]

$$\frac{1}{r_1} = \frac{k_{12}}{k_{11}}$$

3. Технология сополимеризации

3.1 Описание технологической схемы (Приложение 1)

Получение сополимера 9-винилкарбазола со стиролом

Суспензионная сополимеризация сополимера проводится в емкостных реакторах с якорной мешалкой и гладкой рубашкой для подогрева и охлаждения.

В аппарат Р-1 из мерника М-1 самотеком сливают стирол и гексан, ПБ, и вручную через люк аппарата загружают карбазол.

В рубашку аппарата Р-1 подается горячая вода. Реакционную массу при перемешивании нагревают до температуры 70 °С и выдерживают при этой температуре в течение 2ч.

По окончании выдержки, пуском воды в рубашку аппарата Р-1 реакционную массу охлаждают до температуры 20°С.

Из Р-1 реакционную массу подают на фильтр, где сополимер промывается гексаном и происходит отделение твердой фазы(сополимер) от жидкой.

После сополимер поступает на центрифугу, где происходит промывка этанолом, чтобы удалить остатки винилкарбазола.

Далее полимер, с помощью шнека подается на сушку. Сушка осуществляется парами азота до влажности 0,2%.

4. Инженерные расчеты

4.1 Блок-схема сополимеризации

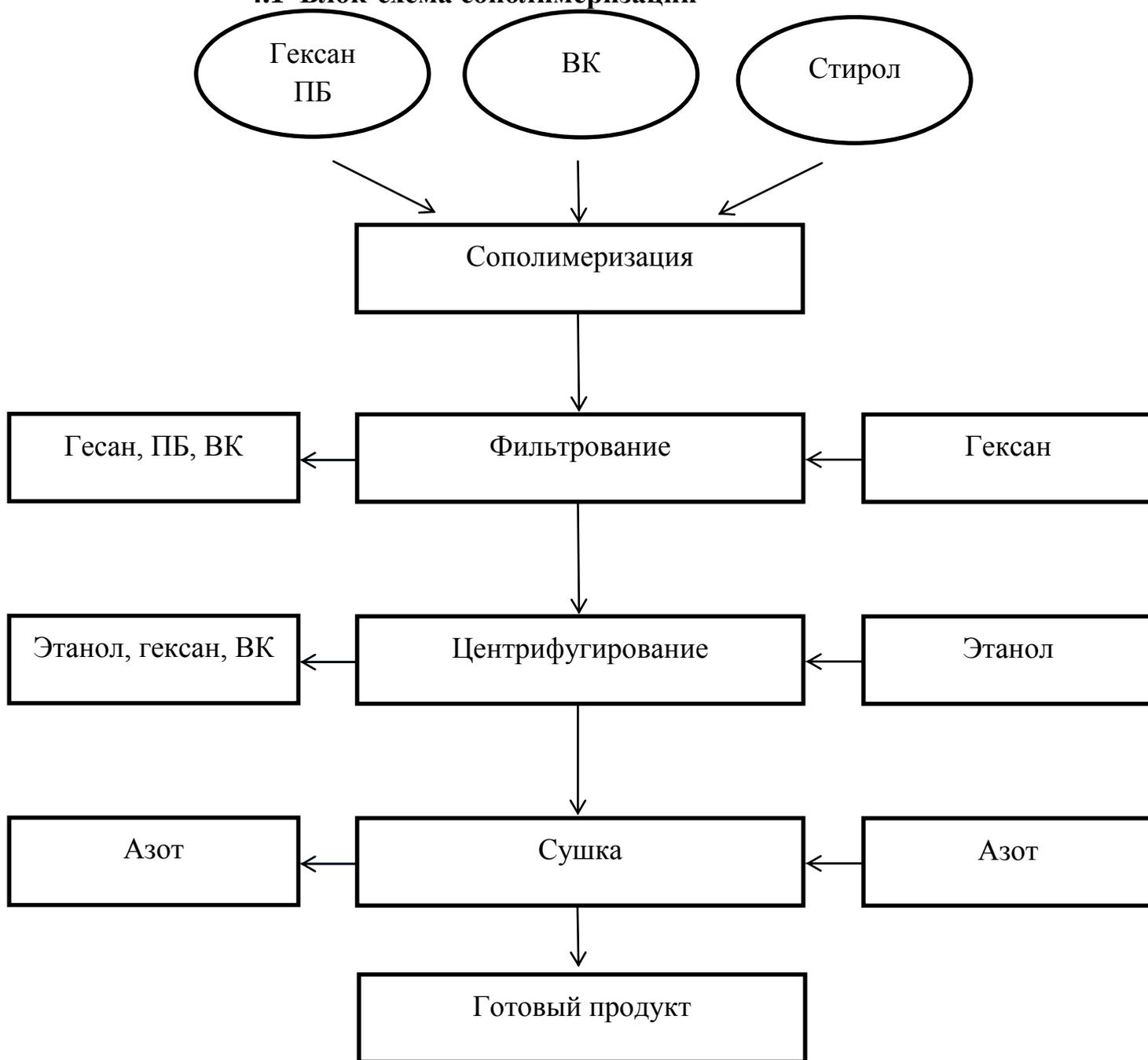


Рисунок 1.- Схема материальных потоков

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение

5.1 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)

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	0,10	5	5	3	0,50	0,50	0,3
Удобство в эксплуатации	0,10	5	3	5	0,50	0,30	0,5
Качество продукта	0,30	5	4	3	1,50	1,20	0,90
Длительность производственного цикла	0,10	5	3	4	0,50	0,30	0,40
Простота эксплуатации	0,10	5	4	3	0,50	0,40	0,30
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,10	5	4	4	0,50	0,40	0,40
Уровень проникновения на рынок	0,07	5	4	5	0,35	0,28	0,35
Цена	0,09	4	3	4	0,36	0,27	0,36
Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	4	3	4	0,16	0,12	0,16
Итого	1,00				4,87	3,77	3,67

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i$$

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.

5.2 SWOT-анализ

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

Таблица 16 – Матрица SWOT

	<p align="center">Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>C1. Возможность анализа сложных систем</p> <p>C2. Более дешевый единичный акт химического анализа</p>	<p align="center">Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие нормативных документов</p> <p>Сл2. Нет некоторых данных для достоверности методики</p> <p>Сл3. Большие первоначальные вложения</p>
<p align="center">Возможности:</p> <p>V1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>V2. Ожидание подобной методики</p>	<p>1. Постоянный поиск путей снижения себестоимости продукции</p> <p>2. Продолжение научных исследований с целью усовершенствования имеющейся технологии</p>	<p>1. Поиск заинтересованных лиц</p> <p>2. Разработка научного исследования</p> <p>3. Приобретение необходимого оборудования опытного образца</p>

<p>Угрозы:</p> <p>У1. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У2. Изменение законодательства.</p> <p>У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>	<p>1. Постоянное отслеживание изменений в российском законодательстве.</p> <p>2. Сертификация продукции</p>	<p>1. Повышение квалификации кадров.</p> <p>2. Приобретение необходимого оборудования опытного образца</p>
--	---	--

5.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QualityADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1) *Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:*

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;

- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

2) Показатели оценки качества разработки:

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;
- уровень материалоемкости разработки и др.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 17 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	80	100	0,8	0,12
2. Надежность	0,05	90	100	0,9	0,045
3. Уровень материалоемкости разработки	0,15	95	100	0,95	0,1425
4. Безопасность	0,05	90	100	0,9	0,045
5. Простота	0,15	100	100	1	0,15

эксплуатации					
6. Ремонтпригодность	0,15	90	100	0,9	0,135

Продолжение таблицы 17

Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Конкурентоспособность продукта	0,2	70	100	0,7	0,14
2. Уровень проникновения на рынок	0,01	70	100	0,7	0,007
3. Перспективность рынка	0,02	90	100	0,9	0,018
4. Цена	0,015	80		0,8	0,012
5. Послепродажное обслуживание	0,01	65	100	0,65	0,0065
6. Финансовая эффективность научной разработки	0,01	95	100	0,95	0,0095
7. Срок выхода на рынок	0,015	80	100	0,8	0,012
8. Наличие сертификации разработки	0,02	95	100	0,95	0,019
Итого	1				

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i,$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

5.4 Структура работы в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 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 состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл.18.

Таблица 18 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник, руководитель
	3	Проведение патентных исследований	Дипломник
	4	Выбор направления исследований	Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель

Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Дипломник
	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Дипломник
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Дипломник

Продолжение таблицы 18

Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Дипломник, руководитель
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Дипломник
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Дипломник
	12	Выбор и расчет конструкции	Дипломник
	13	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Дипломник
	14	Оформление результатов по охране труда	Дипломник, консультант по охране труда
	15	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Дипломник
	16	Оформление экономической части работы	Дипломник, консультант по экономике

Продолжение таблицы 18

Оформление отчета но НИР (комплекта документации по ОКР)	17	Составление пояснительной записки	Дипломник, руководитель
	18	Сдача работы на рецензию	Дипломник
	19	Предзащита	Дипломник, руководитель
	20	Подготовка к защите дипломной работы	Дипломник
	21	Защита дипломной работы	Дипломник, руководитель

5.5 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 19

Морфологическая матрица для методов получения сополимера

	1	2	3
А. инициатор	Перекись бензоила	азо-бис- изобутиронитри л	Перекись лаураила
Б. поставщик мономера	Россия	Украина	Германия

5.6 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

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 $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где $t_{\text{ож}i}$ – 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.;

$t_{\text{max}i}$ – 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. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i},$$

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

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

5.7 Планирование научно – исследовательских работ

5.7.1 Организационная структура проекта

Таблица 20 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место	Роль в проекте	Трудо- затраты,

	работы, должность		дни
1	Ротарь О.В. доцент кафедры ТОВ ПМ, к.х.н.	Координирует деятельность участников проекта	100
2	Дудик Е.В., НИ ТПУ, кафедра ТОВ ПМ, бакалавр	Выполняет отдельные работы по проекту	100
ИТОГО:			200

5.7.2 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе составлен перечень этапов проведения работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 15.

Таблица 21 – перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждения технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Выбор направления исследования	Руководитель
	3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	Бакалавр

	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Бакалавр
Теоретическое обоснование и проведение экспериментальных исследований	5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Руководитель, Бакалавр
	6	Построение моделей и проведение экспериментов	Бакалавр
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр
Обобщение полученных результатов, выводы по проделанной работе	8	Оценка эффективности проведенных исследований	Руководитель
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Бакалавр

Продолжение таблицы 21

Проведение ОКР			Бакалавр
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка принципиальной схемы	Бакалавр
	11	Оценка эффективности производства	Бакалавр
	12	Сбор информации по охране труда	Бакалавр
	13	Оформление результатов по охране труда	Бакалавр
	14	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Бакалавр
	15	Оформление экономической части работы	Бакалавр
Оформление отчета по НИР	16	Составление пояснительной записки	Руководитель, Бакалавр
	17	Сдача работы на рецензию	Бакалавр
	18	Предзащита	Бакалавр Руководитель,
	19	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр
	20	Защита дипломной работы	Бакалавр, Руководитель

5.7.3 План проекта

Таблица 22 - Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Введение	2	22.02.16	23.02.16	Ротарь О.В.
2	Литературный обзор	7	24.02.16	01.03.16	Дудик Е.В.
4	Постановка задачи исследования	4	02.03.16	05.03.16	Дудик Е.В.
5	Экспериментальная часть	30	06.03.16	06.04.16	Дудик Е.В.
6	Результаты и обсуждения	1	06.04.16	07.04.16	Ротарь О.В. Дудик Е.В.
7	Разработка презентации и раздаточного материала	3	08.04.16	11.04.16	Дудик Е.В.
8	Оформление	7	12.04.16	18.04.16	Дудик Е.В.
Итого:		56			

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы

по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

На основе табл. 8 построен календарный план-график по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования.

Таблица 23 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

14Вид работ	Исполнители	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ											
			02.16			03.16			04.16					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Введение	Руководитель	2			■									
Литературный обзор	Бакалавр	7			■									
Постановка задачи исследования	Бакалавр	4				■								
Экспериментальная часть	Бакалавр	30					■	■	■	■				
Результаты и обсуждения	Бакалавр, руководитель	1										■		
Разработка презентации и раздаточного материала	Бакалавр	3											■	
Оформление	Бакалавр	7											■	

■ – бакалавр; ■ – руководитель

5.8 Бюджет научного исследования

5.8.1 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Многие из материалов уже находились в лаборатории, поэтому в статьях отражены малые расходы. Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. Результаты расчета приведены в таблице 17.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} ,$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_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.

Таблица 24– Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за кг руб.			Затраты на материалы, (Z _м), руб.		
		Исп .1	Исп .2	Исп .3	Исп .1	Исп .2	Исп .3	Исп .1	Исп .2	Исп .3
Мономер (винилкарбазол)	кг	111 3	111 3	111 3	150 000	170 000	200 000	166 950 0	189 210 0	222 600 000
гексан	литр	500	500	500	200	200	200	100 000	100 000	100 000

		0	0	0				0	0	0
инициатор	кг	5	5	5	400	650	800	200 0	325 0	400 0
Итого								267 150 0	289 535 0	222 704 000

5.8.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в табл. 24.

Таблица 25- Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1.	Реактор	1	550000	36667
2.	фильтр	1	22000	1100
3.	центрифуга	1	80000	4000
4.	сушилка	1	40000	2667
Итого				45574

5.8.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 10 % от тарифа или оклада.

Расчет основной заработной платы сводится в табл. 26.

Таблица 26 -Расчет основной заработной платы

Исполнители	Трудоемкость, чел.-дн. Тр	Заработная плата приходящаяся на один чел.-дн. Рубздн	Месячная зарплата, руб./мес.
Руководитель	15	1500	22500
Бакалавр	56		1700
Итого			24200

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ т дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p$$

5.8.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных ТК РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда. А так же выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} * Z_{осн}$$

Где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы на стадии проектирования принимается равным 0,07%)

5.8.5 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:

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

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.

Таблица 27-Социальные отчисления и дополнительная заработная плата

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	22500	1575
Итого	22500	1575

Продолжение таблицы 27

Социальные отчисления					
	ПФР (22%)	ФСС (2,9%)	ФОМС (5,1%)	Страхование по классу опасности (0,5%)	Итого

Руководитель проекта	4950	652,5	1147,5	112,5	6862,5
-------------------------	------	-------	--------	-------	--------

5.8.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (14)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 18%.

5.8.7 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 табл. 8.

Таблица - Расчет бюджета затрат НИИ

Таблица 28 - Статьи расходов

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты, необходимые для данной разработки	445
Затраты на электроэнергию	665
Затраты по основной заработной	22500

плате исполнителей темы	
Дополнительная заработная плата, руб.	1575
Социальные отчисления	6862,5
Накладные расходы	6074,55
Бюджет затрат НТИ	38122,05

Круговая диаграмма на рисунке отражает все основные затраты на проведение научно технического исследования.

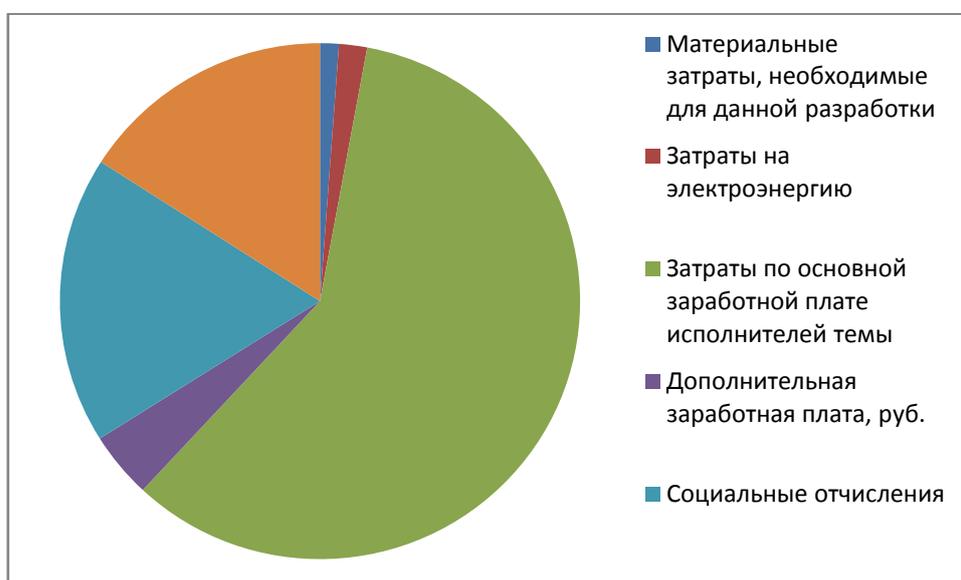


Рисунок 9 - Круговая диаграмма материальных затрат на проведение НТР

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

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты

проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

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

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

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

$$I_{ri} = \sum a_i \cdot b_i,$$

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 (табл. 29).

Таблица 29 -Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,1	3	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	4
3. Энергосбережение	0,15	4	4	5
4. Надежность	0,20	5	4	5
5. Воспроизводимость	0,25	5	5	4
6. Материалоемкость	0,15	5	5	4
ИТОГО	1	4,65	4,5	4,35

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

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

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}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Таблица 30 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,9986	0,9995	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	4,5	4,35
3	Интегральный показатель эффективности	4,657	4,502	4,35
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,967	0,934

Вывод: Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что предпочтительны оба метода производства сополимера, но при использовании в качестве инициатора перекись бензоила, а так же использования мономера Российского производства обуславливает большую производительность труда.

6 Заключение

В ходе работы был разработан проект установки сополимеризации 9-винилкарбазола со стиролом суспензионным методом.

Целью работы являлось проектирование производства сополимера мощностью 20 тонн/год. Для обеспечения заданной производительности был использован периодический способ проведения процесса.

Процесс полимеризации проводится в реакторе емкостного типа с мешалкой.

В результате выполненной работы можно сделать вывод, что синтез сополимера 9винил-карбазоласо стиролом суспензионным методом – это один из важнейших способов получения сополимера с заданными свойствами. Благодаря наличию водной дисперсионной среды улучшается отвод тепла экзотермической реакции, что облегчает регулирование работы реактора, обеспечивает возможность широкого варьирования условий процесса и, как следствие, получение большого ассортимента марок сополимера.

