

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 сополимеризации бутилметакрилата и метакриловой кислоты эмульсионным способом

УДК 661.742.2-036.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Старовойт Мария Владимировна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гусельников М.Э.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТОВИМ	Юсубов М.С.	к.х.н.		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

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

Институт _____ природных ресурсов _____
Направление подготовки _____ Химическая технология _____
Кафедра __ технологии органических веществ и полимерных материалов __

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ 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
2Д2Б	Старовойт Марии Владимировне

Тема работы:

Узел сополимеризации бутилметакрилата и метакриловой кислоты эмульсионным способом	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы	17.06.16 г.
---	-------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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>	Сополимеризации бутилметакрилата и метакриловой кислоты эмульсионным способом; производительность установки составляет 3500 т/год; процесс периодический; в качестве основного аппарата использовался реактор емкостного типа, оснащенный лопастной мешалкой и рубашкой
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Произведен анализ научно-технической литературы; выполнены материальный, тепловой

<i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	имеханический расчеты; подобрано необходимое оборудование; разработаны технологическая схема и схема автоматизации основного аппарата, выполнен чертеж основного аппарата
Перечень графического материала (с указанием обязательных чертежей)	Технологическая схема узла сополимеризации БМА и МК эмульсионным способом; чертеж реактора; чертеж деталей реактора (фланцевое соединение, сальниковое уплотнение, мешалка); аппаратурно-технологическая схема производства сополимера БМК-5; диаграмма зависимости температуры от продолжительности процесса; изображения некоторых деталей реактора; обвязка реактора
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием раздела)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна (к.э.н.)
Социальная ответственность	Гусельников Михаил Эдуардович (к.т.н.)

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.11.15 г.
---	--------------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Старовойт М.В.		

Задание для раздела
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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



Институт	Институт Природных Ресурсов
Направление подготовки (специальность)	Химическая технология
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	Технология органических веществ и полимерных материалов
Период выполнения	(осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Б	Старовойт Мария Владимировна

Тема работы:

Проект узла сополимеризации бутилметакрилата и метакриловой кислоты эмульсионным способом	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Форма представления работы:

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

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
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	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Потенциальные потребители результатов исследования 2. Анализ конкурентных технических решений 3. SWOT-анализ
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	
3. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Структура работ в рамках научного исследования 2. Определение трудоемкости выполнения работ

	<p>3. Разработка графика проведения научного исследования</p> <p>4. Бюджет научно – технического исследования (НТИ)</p> <p>4.1. Расчет материальных затрат НТИ</p> <p>4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ</p> <p>4.3. Основная заработная плата исполнителей темы</p> <p>4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)</p> <p>4.5. Накладные расходы</p> <p>4.6. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта</p>
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. менеджмента	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Старовойт Мария Владимировна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Б	Старовойт Мария Владимировна

Институт	ИПР	Кафедра	ТОВИМ
Уровень образования	бакалавр	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	Работа в химической лаборатории с бутилметакрилатом и метакриловой кислотой
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: <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – предлагаемые средства защиты; 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	Вероятные вредные факторы: - наличие подвижных частей производственного оборудования; - повышенный уровень шума; - повышенная температура поверхности производственного оборудования; - контакт с токсичными и химически опасными веществами; - физические и нервно-психические перегрузки; Вероятные опасные факторы: - повышенная температура поверхностей производственного оборудования; - работа с электроустановками; - возможность возникновения пожара.
2. Экологическая безопасность: <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и 	Вероятные ЧС: - авария производственного оборудования с

эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС;	выбросом химически опасных веществ
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- трудовой кодекс РФ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гусельников М.Э.	к.т.н.		17.06.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Старовойт М. В.		17.06.16

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 101 с., 10 рис., 35 табл., 39 источников, 4 прил.

Ключевые слова: БМК-5, сополимеризация, бутилметакрилат, метакриловая кислота, эмульсия.

Объектом исследования является узел сополимеризации бутилметакрилата и метакриловой кислоты эмульсионным способом.

Цель работы – разработать проект узла сополимеризации бутилметакрилата и метакриловой кислоты эмульсионным способом.

В процессе исследования проводились обзор научно-технической и нормативной литературы; материальный, тепловой и механический расчеты.

В результате исследования разработаны технологическая схема процесса и схема автоматизации основного аппарата, выполнен чертеж реактора.

Область применения: лакокрасочная промышленность, химическая промышленность, строительство.

Основные определения

Полимеризация - процесс образования высокомолекулярного вещества (полимера) путём многократного присоединения молекул низкомолекулярного вещества (мономера, олигомера) к активным центрам в растущей молекуле полимера.

Сополимеризация - цепной процесс совместной полимеризации двух и более различных мономеров, который приводит к образованию высокомолекулярных соединений (сополимеров), содержащих в цепных макромолекулах звенья исходных мономеров.

Адгезия – это сцепление поверхностей разнородных твёрдых и жидких тел.

Эмульсия – дисперсная система, состоящая из микроскопических капель жидкости (дисперсной фазы), распределенных в другой жидкости (дисперсионной среде).

Кислотное число - количество едкого калия в миллиграммах, израсходованного на нейтрализацию кислых соединений, содержащихся в 1 г анализируемого продукта.

Бромное число - количество брома в граммах, присоединяющееся к 100 г исследуемого раствора.

Температура размягчения - температура, при которой в процессе нагрева резко возрастает деформируемость образца.

Сокращения

БМК-5 – сополимер бутилметакрилата и метакриловой кислоты (96:4);

БМА – бутилметакрилат;

МК – метакриловая кислота;

ПМЧ – полимерно-мономерные частицы;

ПМ – полимер;

РПД – реактор смешения периодического действия;

ИК – инфракрасная (спектроскопия);

ЯМР – ядерно-магнитный резонанс.

Нормативные ссылки

1. ГОСТ 12.0.001-82 Система стандартов безопасности труда. Основные положения.
2. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
3. ГОСТ 12.0.004-90 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения.
4. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
5. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
6. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
7. ГОСТ 4233-77 Реактивы. Натрий хлористый. Технические условия.
8. ГОСТ 6709-72 Вода дистиллированная. Технические условия.
9. ГОСТ 16756-71 Эфир бутиловый метакриловой кислоты (бутилметакрилат). Технические условия.
10. ГОСТ 20478-75 Реактивы. Аммоний надсерноокислый. Технические условия.
11. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 17 декабря 2010 г. N 1122н.
12. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24.07.2013 N 328н.
13. ТР ТС - 019 - 2011 Технический регламент Таможенного союза "О безопасности средств индивидуальной защиты".
14. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Оглавление

Введение	14
1. Обзор литературы	15
1.1. Способы получения сополимеров	15
1.2. Термодинамика процесса сополимеризации	21
1.3. Факторы, влияющие на скорость сополимеризации	22
2. Объект и методы исследования	25
2.1. Свойства исходных веществ	25
2.2. Свойства БМК-5	27
2.3. Автоматический контроль	28
2.4. Аналитический контроль	31
2.4.1. Определение кислотного числа	32
2.4.2. Определение бромного числа	34
2.4.3. Определение температуры размягчения	35
2.4.4. Определение молекулярной массы	35
2.4.5. Метод ИК-спектроскопии	36
2.4.6. Спектроскопия ЯМР	37
3. Финансовый менеджмент	40
3.1. Анализ конкурентных технических решений	40
3.2. SWOT-анализ	41
3.3. Структура работ в рамках научного исследования	44
3.4. Определение возможных альтернатив проведения научного исследования	45
3.5. Определение трудоемкости выполнения работ	46
3.6. Разработка графика проведения научного исследования	48
3.7. Бюджет НТИ	52
3.7.1. Расчет материальных затрат НТИ	52
3.7.2. Расчет затрат на оборудование	53
3.7.3. Основная заработная плата исполнителей темы	54
3.7.4. Страховые отчисления	57

3.7.5. Накладные расходы	58
3.7.6. Формирование бюджета затрат	58
3.8. Определение эффективности проекта	59
4. Социальная ответственность	62
4.1. Производственная безопасность	62
4.1.1. Вредные факторы	62
4.1.2. Опасные факторы	63
4.2. Экологическая безопасность	64
4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	65
4.4. Правовые вопросы обеспечения безопасности	68

Введение

На настоящий момент каждое современное высокотехнологичное производство в той или иной мере использует продукцию химической промышленности. Спектр химической промышленности невероятно широк: полимеры, эластомеры, агрохимия, нефтехимия, силикаты, бытовая химия и т.д.

Основными видами полимерных материалов являются пластмассы, волокна, каучуки и лакокрасочные покрытия. Из них первое место по масштабу производства занимают пластические массы.

Производство пластических масс базируется на полимерах, получаемых из доступных и массовых источников сырья, таких как нефть, природный газ и уголь. Способность полимеров к переработке и получению материалов с широким спектром техничеки выгодных характеристик позволяет изобретать все новые материалы или усовершенствовать доступные, которыми можно заменить дефицитные или дорогостоящие. Поэтому производство пластмасс – одна из наиболее динамично развивающихся отраслей химической промышленности.

Использование акрилатов и метакрилатов для получения сополимеров представляет значительный практический интерес, хотя промышленное значение имеют главным образом гомополимеры определенных акриловых эфиров. Такие хорошо известные свойства гомополимеров, как оптическая прозрачность, блеск и долговечность присущи также сополимерам. Сополимеризация метакриловых мономеров позволяет получать полимеры, сочетающие в себе традиционные свойства метакрилатов с довольно специфическими (отношение к воде, высокая адгезия, прочность к истиранию и т.п.) [1].

Исследуемый полимер (БМК-5) имеет хорошие перспективы для использования его в качестве консерванта и защитного лака в архитектуре и живописи.

1. Теоретическая часть

1.1. Способы получения сополимеров

Полимеризацию осуществляют различными способами, отличающимися по агрегатному состоянию полимеризуемой системы. Выбор способа проведения полимеризации определяется задачами, которые ставятся при осуществлении процесса, предъявляемыми к получаемому продукту требованиями, природой компонентов полимеризационной системы, технологическими требованиями и т. п.

Существует несколько видов полимеризации:

1) Блочная полимеризация (полимеризации в массе). Процесс происходит путем нагревания мономера в твердом, жидком или газообразном виде с катализатором. Продукт полимеризации является монолитным блоком полимеров (блок или полосы) с высокой чистотой и высоким молекулярным весом. Полимеризация осуществляется непрерывно или периодически.

2) Полимеризация в растворе. В качестве растворителя используется окружающая среда, которая растворяет реагенты. Полимеризация проводится при повышенных температурах. Образуется полимер с низкой полидисперсностью и низким молекулярным весом по сравнению с продуктами блочной полимеризации.

3) Эмульсионная полимеризация. Мономер до полимеризации подвергается диспергированию в водном растворе эмульгатора. В качестве катализатора выступают перекись водорода, гидроперекись кумола, персульфаты, и окислительно-восстановительные системы. Для реакции используются вспомогательные соединения. Полимеризация осуществляется непрерывно или периодически. Продукт представляет собой водный полимер, такой как латекс. Такой вид работ, как гидроизоляция подвалов требует использования некоторых видов полимеров.

4) Полимеризация в суспензии (суспензионная полимеризация).
 Полимеризация проводится партиями. В результате образуются гранулы гладкого или пористого полимера.

Таблица 1 – Сравнение типов полимеризации

Тип полимеризации	Достоинства	Недостатки
В растворе	Полимеризация мономера, растворенного в подходящем растворителе, обеспечивает более эффективный теплообмен и позволяет достаточно гибко управлять процессом	Затраты на выделение полимера, молекулярная масса получается меньшей.
В эмульсии	Благодаря особому механизму протекания процесса в мицеллах, можно вести с большой скоростью при относительно низких температурах и получать продукты с максимальной молекулярной массой	Получают продукт слишком высокого молекулярной массы - для последующей переработки его необходимо вальцевать. Загрязнение продукта следами эмульгатора и других добавок приводит к удорожанию полимера. Большое количество сточных вод.
В массе	Максимальная концентрация мономера, т. е. достигается максимальная скорость процесса, а также отсутствие разбавителей, снижает цену конечного продукта	Затрудненное регулирование процессом из-за огромных значений вязкости реакционной среды и затрудненного теплообмена. С ростом вязкости увеличиваются затраты на перемешивание, резко увеличивается скорость процесса из-за гель-эффекта, что приводит

		к образованию полимера с низкой молекулярной массой. Следствием этого являются низкие механические показатели продукта
В суспензии	Из-за наличия водной среды облегчается отвод тепла, упрощается управление процессом и регулирование режима работы реактора; возможность регулирования процессом позволяет получать широкий марочный ассортимент; регулируемая молекулярная масса и достаточно узкое молекулярно-массовое распределение обуславливает его большую ударную вязкость и теплостойкость	Многостадийность, большое количество сточных вод, требующих очистки, невозможность перевода процесса на непрерывный режим из-за снижения устойчивости суспензии и налипания полимера на оборудование

Одним из наиболее перспективных методов синтеза акриловых сополимеров является эмульсионная сополимеризация. Этот метод получил признание благодаря высокой скорости процесса, возможности регулирования температуры, глубины превращения и воспроизводимости свойств получаемых продуктов. Чаще всего такой тип полимеризации протекает по радикальному механизму. Эмульсия образуется при механическом перемешивании водной (водного раствора инициатора) и органической (одного или нескольких мономеров) фаз в присутствии стабилизатора эмульсии – эмульгатора.

Эмульсионная полимеризация состоит из двух основных стадий:

- Образование полимерно-мономерной частиц (ПМЧ);
- Полимеризация мономеров в ПМЧ.

Образование ПМЧ может происходить из мицелл эмульгатора, микрокапель мономера, а также из агрегатов макромолекул или макрорадикалов, достигши определенной степени полимеризации. Образование ПМЧ несколькими способами одновременно может послужить неоднородному распределению частиц по размерам, что в свою очередь является важным фактором скорости полимеризации и молекулярно-массовых характеристик.

Для описания кинетической закономерности полимеризации в эмульсии чаще всего используют теорию Смита-Эварта, в основе которой лежат принципы о том, что ПМЧ образуются только из молекул эмульгатора, а полимеризация протекает в их объеме.

К достоинствам данного способа относят простоту отвода теплоты и аппаратного оформления, возможность получения полимеров с высокой молекулярной массой и выходом целевого продукта выше 95-99%, а также снижение пожароопасности за счет использования водно-дисперсной фазы.

Процесс синтеза БМК-5 (сополимера бутилметакрилата и метакриловой кислоты) в эмульсии ведут по механизму радикальной полимеризации, который включает стадии инициирования, роста, обрыва и передачи цепи. В качестве инициаторов наибольшее применение получили:

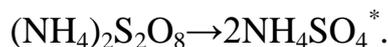
- ДАК (Азобисизобутиронитрил);
- Перекиси (бензоила, водорода);
- Персульфаты (калия, аммония);
- Гидроперекиси;
- Перэферы и т.д.

Выбор инициатора основывается на том, что температура его распада на радикалы должна быть как можно ниже и не должна превышать температуры кипения мономеров. Также при проведении эмульсионной

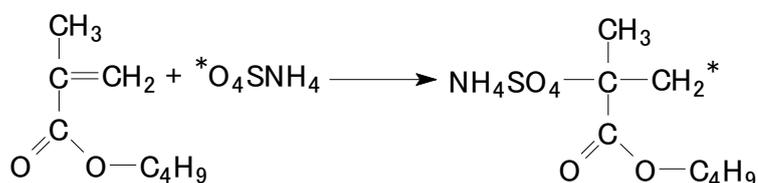
полимеризации характерной чертой является нерастворимость инициатора в органической фазе (мономере) и хорошая растворимость в воде.

Для данного производства в качестве инициатора был выбран персульфат аммония.

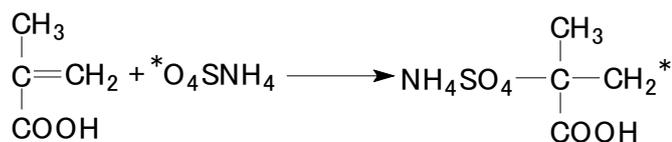
Распад инициатора проходит при 50-70 °С на два сульфат радикала [2]:



Иницирование может происходить двумя способами, так как в данной работе используются два мономера (бутилметакрилат и метакриловая кислота):



или



Скорость иницирования можно выразить следующими способами:

$$V_{ин} = 2k_{рас} f[In],$$

или

$$V_{ин} = k_{ин}[In],$$

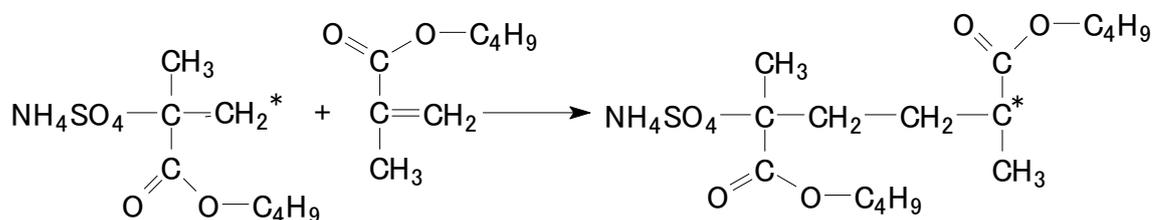
$$k_{ин} = 2k_{рас} f[In],$$

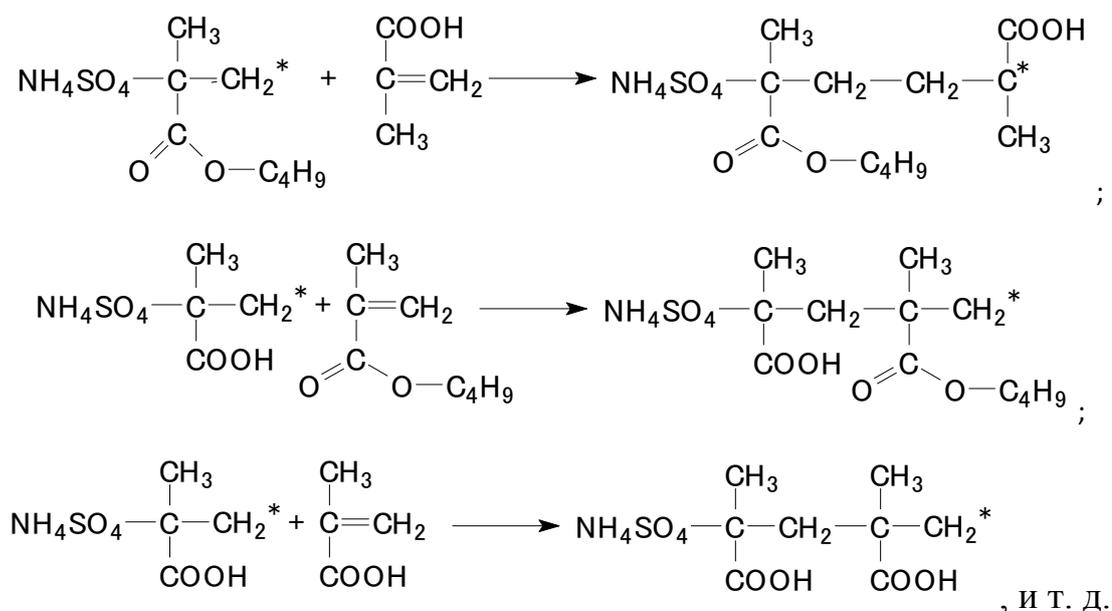
где $k_{рас}$ – константа скорости распада инициатора;

f – эффективность иницирования;

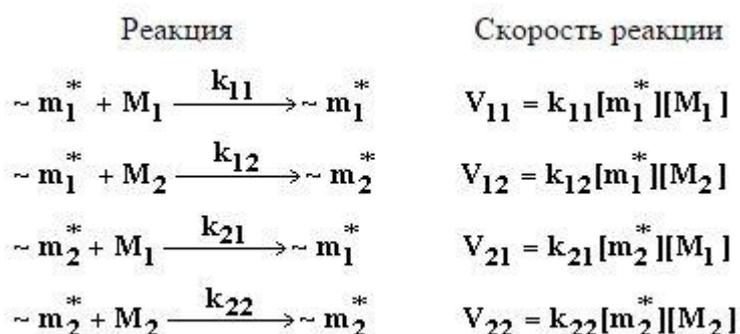
$k_{ин}$ – константа скорости иницирования.

Рост цепи протекает по четырем реакциям:





В общем виде возможные реакции роста цепи и их скорости можно записать в следующем виде:

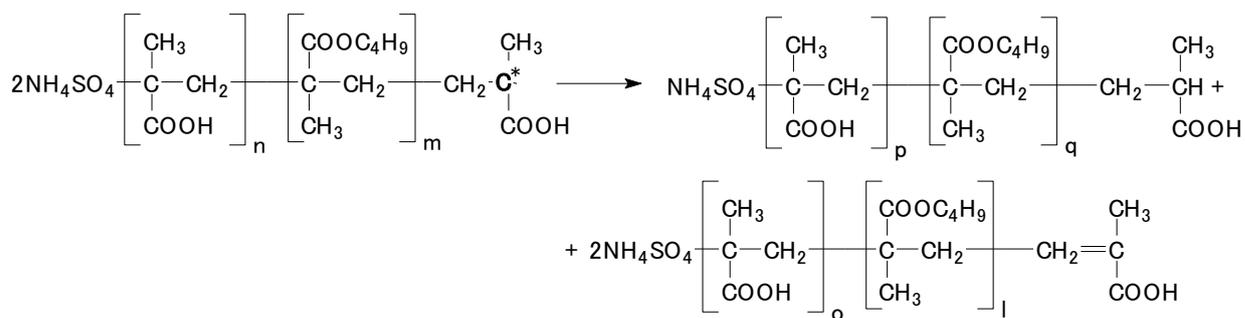


где $\sim m_1^*$ и $\sim m_2^*$ - растущие активные центры с концевыми звеньями мономеров M_1 и M_2 соответственно;

k_{11} и k_{22} - константы скоростей реакции гомогенного роста цепи;

k_{12} и k_{21} - константы скоростей перекрестного роста (первая цифра индекса определяет активный центр, а вторая - мономер).

Так как оба мономера имеют достаточно громоздкие карбоксильные группы, обрыв цепи диспропорционированием будет наиболее вероятен:



Скорость реакции обрыва цепи:

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

1.2. Термодинамика процесса сополимеризации

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:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0,$$

где ΔH , ΔS – изменение энтальпии и энтропии системы при превращении мономера в полимер; T – абсолютная температура.

Отрицательная ΔG не означает, однако, что полимеризация пойдет в любых условиях. Возможность осуществления термодинамически разрешимой полимеризации зависит уже от ее кинетической разрешимости, т. е. от того, протекает ли данный процесс в выбранных условиях.

При полимеризации бутилметакрилата, как и других соединений винилового ряда, происходит разрыв двойной углерод-углеродной связи в молекуле мономера и образование двух одинарных связей в молекуле полимера. Следовательно, тепловой эффект реакции в расчете на моль прореагировавшего мономера будет равен разности энергий этих связей:

$$Q = 2E_{\text{од}} - E_{\text{дв}}$$

где E – энергия диссоциации связи.

Процесс полимеризации бутилметакрилата является экзотермическим, т.е. в этом случае ΔH будет меньше нуля. Энтропия системы уменьшается благодаря ее упорядочению, т.е. ΔS меньше нуля. Таким образом, образование полимера возможно при условии, что изменение энтальпии системы, сопровождающее процесс полимеризации, больше величины $T\Delta S$ системы при данной температуре.

При $\Delta G = 0$ в полимеризационной системе должно установиться динамическое равновесие, и соответствующая температура получила название предельной температуры полимеризации ($T_{\text{пр}}$). Из сказанного выше можно сделать вывод, что $T_{\text{пр}}$ (во всяком случае, для винильных мономеров) должна прежде всего определяться значением ΔH и фазовыми состояниями компонентов системы.

$$T_{\text{пр}} = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

Термодинамические параметры системы бутилметакрилат – полибутилметакрилат изучены недостаточно полно. Теплота полимеризации бутилметакрилата ΔH примерно равно -57 кДж/моль, что говорит о том, что реакция экзотермична.

На основании этих данных расчетное значение $T_{\text{пр}}$ для бутилметакрилата составляет 220 °С. Следовательно, процесс нужно вести при температуре ниже 220 °С, в промышленности сополимеризация бутилметакрилата и метакриловой кислоты ведется при температуре до 80 °С.

1.3. Факторы влияющие на скорость полимеризации

В большинстве случаев кинетика ‘эмульсионной полимеризации описывается закономерностями, характерными для радикальной полимеризации, протекающей в гомогенных условиях, хотя существуют

некоторые особенности, обусловленные сравнительно высокой дисперсностью реакционной системы [3].

а) Влияние температуры и давления на радикальную полимеризацию

Известно, что повышение температуры приводит к увеличению констант скоростей всех элементарных стадий процесса полимеризации. Оно оказывает существенное влияние на стадию инициирования, поскольку ее энергия активации является наибольшей по сравнению с другими стадиями. Так, суммарная энергия активации процесса полимеризации определяется энергией активации стадии инициирования ($E_{ин}$), роста (E_p) и обрыва (E_o):

$$E_a = 1/2 E_{ин} + (E_p - 1/2 E_o).$$

С повышением температуры увеличивается скорость полимеризации. Поскольку последнее приводит к увеличению стационарной концентрации радикалов, это вызывает уменьшение длины кинетической цепи и, следовательно, материальной цепи [3]. С повышением температуры также уменьшается молекулярная масса получаемого полимера.

При очень высоких температурах возможно наличие равновесия в системе: полимеризация – деполимеризация. Это происходит при предельной температуре, при которой суммарная скорость полимеризации равна нулю. Для бутилметакрилата предельная температура равна 220 °С.

б) Влияние давления

Давление, как правило, увеличивает скорость и степень полимеризации. Так, например, увеличение давления в 1000 раз по сравнению с атмосферным приводит к возрастанию скорости инициированной полимеризации стирола на порядок, а степени полимеризации – в два раза. Это явление связано со значительной разницей молярных объемов мономера и полимера. При превращении мономера в полимер объем системы уменьшается на 20–25 % вследствие возникновения новых химических связей. Поэтому в соответствии

с принципом ЛеШательедавление увеличивает скорость реакции, приводящей к уменьшению объема системы (реакции роста).

с) Влияние концентрации инициатора

Зависимость скорости полимеризации и молекулярной массы полимера от концентрации инициатора определяется «правилом квадратного корня». Чем больше концентрация инициатора, тем выше скорость полимеризации, но ниже молекулярная масса образующегося полимера.

d) Влияние концентрации мономера

Установлено, что с увеличением концентрации мономера повышается скорость полимеризации и увеличивается средняя степень полимеризации.

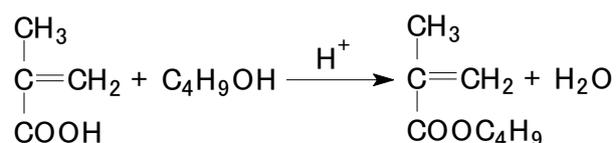
2. Объект и методы исследования

2.1. Свойства исходных веществ

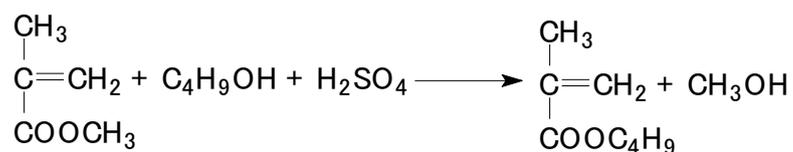
Бутилметакрилат – бесцветная жидкость с резким, неприятным запахом. Хорошо растворяется во многих органических растворителях (ацетон, эфир, бензол и др), плохо растворим в воде. Химические свойства н-бутилметакрилата обусловлены присутствием в молекуле двух ключевых функций - сложноэфирной группы и двойной связи. Он достаточно легко омыляется в присутствии щелочей, а также может быть переэтерифицирован в кислых условиях и в присутствии спиртов. Легко полимеризуется как в условиях свободно-радикальной, так и ионной полимеризации как самостоятельно, так и в присутствии других мономеров, образуя, соответственно либо гомополимер, либо сополимеры. При хранении на свету и на воздухе способен самопроизвольно полимеризоваться. Поэтому коммерческий н-бутилметакрилат стабилизируют метиловым эфиром гидрохинона.

В промышленности н-бутилметакрилат получают:

- этерификацией метакриловой кислоты нормальным бутиловым спиртом. Реакция катализируется кислотами.

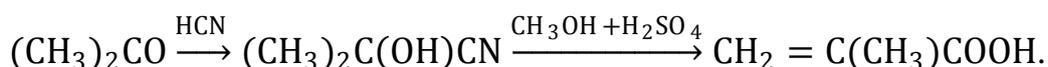


- переэтерификацией метилметакрилата н-бутанолом в присутствии серной кислоты;

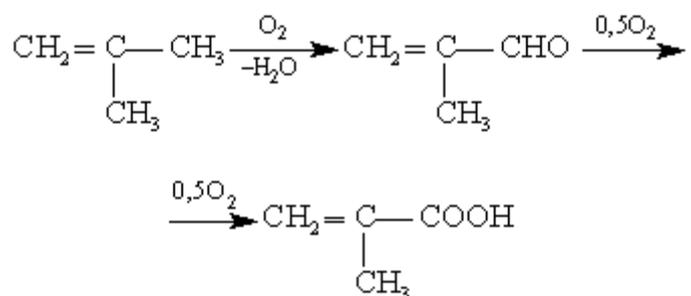


Порог ощущения запаха 0,006 мг/л. Предельно допустимая концентрация 30 мг/м³.

Метакриловая кислота – жидкость с характерным резким запахом, в чистом виде бесцветная, технической чистоты – из-за примесей имеет бурый цвет. Она хорошо смешивается с водой и органическими растворителями. Химические свойства метакриловой кислоты в целом аналогичны химическим свойствам низших карбоновых кислот. Метакриловая кислота легко полимеризуется в полиметакриловую кислоту. Промышленный синтез метакриловой кислоты и её эфиров заключается в ацетон-циангидринном методе:



Также метакриловую кислоту получают окислением метакролеина, а его в свою очередь – окислением изобутилена.



Кислота мало опасна при острых ингаляционных воздействиях, но высоко опасна при хроническом действии. Оказывает политропное влияние на организм. Проявляет наркотический эффект, резорбтивное действие. Кумулятивными свойствами не обладает. Раздражает слизистые. Прижигает ткани.

Олеат натрия представляет собой светло-зелёные или жёлтые ромбические кристаллы. Растворяется в воде и этаноле. Применяется в качестве компонента моющих средств, компонент текстильно-вспомогательных средств, например, аппретов, эмульгатора и флотореагента.

Персульфат аммония – аммонийная соль пероксодисерной кислоты с формулой $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, бесцветные моноклинные кристаллы, хорошо

растворимые в воде. Пероксодисульфат аммония получают электролизом насыщенного раствора сульфата аммония в серной кислоте. При нагревании до 120 °С разлагается с выделением кислорода, образуя пиросульфат. Применяется в качестве отбеливающего и дезинфицирующего средства, как окислитель в фотографии (ослабление плотных фотографических негативов), аналитической химии, при травлении печатных плат, в качестве пищевой добавки и инициатора в процессах полимеризации в эмульсии и суспензии. Предельно допустимая концентрация составляет 0,1 мг/м³ в воздухе рабочей зоны. Вещество раздражает глаза, кожу и дыхательные пути.

2.2. Свойства БМК-5

Сополимеры бутилметакрилата представляют собой вязкие жидкости, которые отверждаются при 80 – 120 или 20°С при введении инициатора. Они применяются в качестве диэлектриков для защиты обмоток водопогружных двигателей, в конструкциях измерительных трансформаторов и как влагонепроницаемые материалы для различных технических целей.

Исследуемый в данной работе сополимер бутилметакрилата и метакриловой кислоты применяется в лакокрасочной и химической промышленности в качестве пленкообразующего при изготовлении грунтов, лаков, эмалей и клеев. Также БМК-5 применяют в строительстве в качестве связующего компонента при изготовлении растворов с наполнителями (мелом, цементом и др.).

Сополимер бутилметакрилата с метакриловой кислотой (БМК-5) характеризуется хорошей адгезией к металлам и высокой светостойкостью. Он применяется для изготовления лаков для морозостойких лакокрасочных материалов. Прививка к этому сополимеру поливинилхлорида значительно повышает его стойкость к бензину и маслам. При добавлении в раствор сополимера бутилметакрилата с метакриловой кислотой других полимеров и пластификаторов получают различные лаки для покрытия анодированного дуралюмина.

Таблица 2 – Некоторые технические характеристики БМК-5[1]

Наименование показателей	Норма для марок	
	А	Б
Внешний вид	Бисер белого цвета	
Внешний вид раствора сополимера в растворителе марки 648	Бесцветный или слегка желтоватый. Допускается слабая опалесценция и наличие небольшого количества механических примесей	
Массовая доля воды, %, не более	2	2
Удельная вязкость раствора сополимера в ацетоне с массовой долей 0,5%	0,16-0,25	0,25-0,40
Кислотное число	0,1	-
Массовая доля связанной метакриловой кислоты	3,9-4,7	3,9-4,7
Гарантийный срок, год	1	1

Применение данного сополимера обеспечивает эластичность лаковых пленок и стойкость к истиранию, атмосферному воздуху, свету, химическим реагентам (особенно к бензину). Также улучшает такие свойства, как адгезия к металлу, стеклу, фарфору, дереву, бетону и другим поверхностям, что позволяет использовать ее даже в составе защитного покрытия при консервации археологической живописи и обработке деревянных икон.

Сополимер БМК-5 растворяется в ацетоне, этил- и бутилацетате, растворителях марок Р-5 и 648.

2.3. Автоматический контроль

Основными регулируемыми параметрами технологических процессов являются температура, давление, расход жидкости или газа, а также уровень жидкости или сыпучих материалов в различных сосудах.[17]

Автоматическое управление технологическими процессами осуществляется с помощью различных автоматических регуляторов, количество которых часто достигает нескольких десятков, а иногда и сотен.

Реактор для сополимеризации бутилметакрилата и метакриловой кислоты позиции снабжен средствами автоматического контроля и регулирования для предотвращения повышения температуры в реакторе. Температура контролируется с помощью прибора позиции TIRC на щите центрального пульта управления.

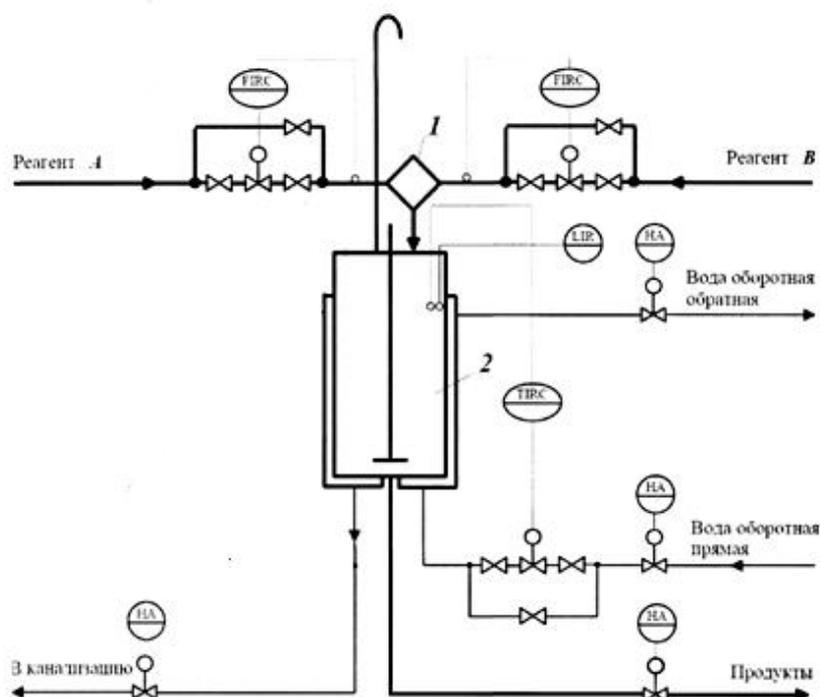


Рисунок 9 – Обвязка реактора периодического действия

1- смеситель, 2 – реактор.

Изменение параметра объекта 1 воспринимается первичным элементом 2 и преобразовывается в электрическую, пневматическую или другую энергию.

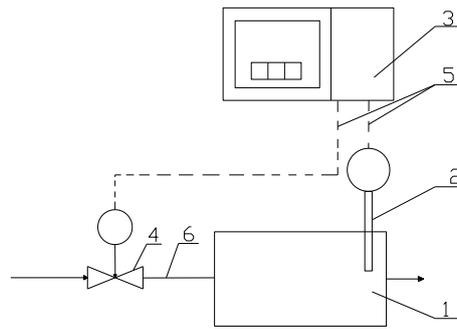


Рисунок 10 – Схема автоматического регулирования процесса

Полученный импульс по электрическим проводам или пневматическим трубкам 5 передается регулятору 3, обрабатывающему командный импульс на привод исполнительного механизма 4, и на вторичный прибор.

Привод исполнительного механизма 4 перемещает запорное устройство регулирующего органа, определенным образом изменяя проходное сечение трубопровода 6, а следовательно и количество пропускаемой жидкости или газа.

Таблица 14 – Карта контроля технологических параметров

Место измерения параметра	Контролируемый параметр	Нормы технологических показателей	Частота и способ контроля	Кто контролирует	Методы и средства контроля
Реактор	Температура подаваемой воды в реактор поз. TIRC	50 – 120 °С	Непрерывно по прибору с записью в журнале каждый час	Аппаратчик	Термоэлектрический преобразователь ТСМ
Реактор	Уровень реакционной массы: LIC	0,75%	Непрерывно по прибору с записью в журнале каждый час	Аппаратчик	Уровеньпоплавок-ый L11
Реактор	Расход реакционной	До 129,5 т/ч	Непрерывно по	Аппаратчик	Диафрагма камерная

	массы: FIRC		прибору с записью в журнале каждый час		ДКС-0,6
--	-------------	--	--	--	---------

Первичные элементы измерительных систем размещаются на трубопроводах и аппаратах. Вторичные приборы автоматического регулирования устанавливаются в отдельном помещении – операторной – на специальных металлических щитах контроля и управления. Вторичные приборы имеют показывающие или самопишущие шкалы, которые дают возможность сменным операторам следить за состоянием всего производства или отдельных установок, изменять технологические параметры, а также производить пуск отдельных агрегатов непосредственно из операторной[20].

Регулирующие органы – в основном клапаны с пневматическим мембранным приводом – устанавливаются на трубопроводах.

2.4. Аналитический контроль

Осуществление аналитического контроля на каждом предприятии играет достаточно важную роль. Именно благодаря такой проверке качества получаемого продукта, можно получить продукт, соответствующий стандартам и отрегулировать условия производства, количество реагентов и некоторые другие показатели с целью достичь как можно более высокой чистоты продукта и снижения количества отходов на предприятии.

В зависимости от анализируемого объекта и целей исследования технический анализ подразделяют на маркировочный, экспрессный, автоматический и арбитражный. Маркировочный анализ применяется, если нужно проверить качество сырья, поступающего на переработку с другого предприятия с целью подтвердить соответствие продукта заявленным стандартам. Для внутривозовского контроля применяются экспрессные и автоматические методы анализа. Также может возникнуть ситуация, когда результаты маркировочного анализа не совпадают с теми значениями,

которые были заявлены производителем. В этом случае применяется арбитражный анализ.

При выборе метода анализа прежде всего уделяют внимание точности анализа. В химической промышленности можно допустить погрешность 0,1-1,0%.[21] Так же большое значение придают экспрессности метода и его стоимости, особенно если требуется произвести серию анализов. Наиболее дешевым и достаточно быстрым является метод титриметрии, его погрешность составляет от 0,1 до 0,5%. Аппаратуру большей стоимости используют в спектрофотометрии, люминесценции, атомной абсорбции. Наиболее дорогая аппаратура используется для масс-спектрометрии, ЯМР-спектроскопии, атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. В то же время последние из перечисленных методов могут обеспечить высокую скорость проведения качественного анализа (используя метод атомно-эмиссионной спектроскопии возможно определить 15-20 элементов всего за несколько секунд).

Анализ продуктов промышленного органического синтеза включает несколько этапов[21]:

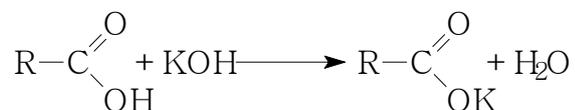
- 1) Определение физических свойств органических веществ;
- 2) Определение элементарного состава органических веществ;
- 3) Определение функциональных групп органических соединений;
- 4) Анализ мономеров и полимеров (проверка чистоты реагента);
- 5) Определение кислотного, бромного, йодного и других чисел.

Рассмотрим последние два этапа подробнее.

2.4.1. Определение кислотного числа

Кислотное число (коэффициент кислотности) – количество едкого калия в миллиграммах, израсходованного на нейтрализацию кислых соединений, содержащихся в 1 г анализируемого продукта. Характеризует содержание в веществе свободных кислот.

Кислотное число определяется потенциометрическим или объемным титрованием раствором едкого калия навески продукта. При том протекает реакция:



Методика определения заключается в следующем: в две чистые колбы из термостойкого стекла емкость по 100 мл, предварительно взвешенные на аналитических весах, помещают по 10 мл раствора анализируемого продукта, добавляют 2-3 капли индикатора и титруют 0,1Н спиртовым раствором KOH. Окончание титрования определяют по изменению окраски до розового цвета. Так же проводят титрование растворителя 0,1Н раствором KOH (холостая проба). Титрование анализируемого раствора проводят до трех воспроизводимых результатов. Для определения объема KOH, пошедшего на титрование раствора анализируемого вещества, вычисляют среднее арифметическое.

Далее определяют действительную нормальность спиртового раствора гидроксида калия путем его титрования 0,1Н соляной кислотой (HCl). Точку эквивалентности определяют визуально по индикатору фенолфталеину:

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

где $C_{\text{н KOH}}$ – нормальность KOH; $C_{\text{нHCl}}$ – нормальность HCl; V_{HCl} – объем HCl; V_{KOH} – объем KOH, пошедший на титрование.

Поправка на 0,1Н раствор KOH вычисляется по формуле:

$$K = \frac{C_{\text{н KOH}}}{0,1}.$$

Кислотное число рассчитывают по формуле:

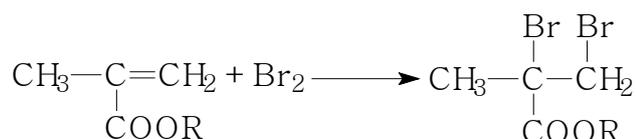
$$\text{К. ч.} = \frac{(a - b) \cdot 0,0056 \cdot K \cdot 1000}{g},$$

где a – объем 0,1Н раствора KOH, пошедший на титрование раствора анализируемого вещества; b – объем 0,1Н раствора KOH, пошедший на

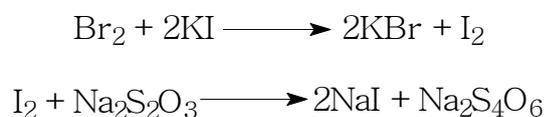
титрование холостой пробы; 0,0056 – количество КОН в граммах на 1 мл 0,1Н спиртового раствора; К– поправка на 0,1Н раствор КОН; g – навеска анализируемого вещества.

2.4.2. Определение бромного числа

Бромное число – количество брома в граммах, присоединяющееся к 100 г исследуемого раствора. Оно характеризует содержание в нем непредельных соединений:



Бромное число определяется следующим образом: в 3-4 колбы помещают по 10 мл раствора анализируемого раствора и охлаждают в ледяной бане до 5 °С. Затем в каждую колбу приливают охлажденный 0,1Н раствор брома в избытке. Полученные смеси снова охлаждают до 5 °С и при такой температуре выдерживают в темном месте в течение 5 минут. После этого добавляют по 10 мл 10%-ного раствора йодида калия. Выделяющийся йод сразу титруют 0,1Н раствором тиосульфата натрия в присутствии 2 мл раствора крахмала. Крахмал к титруемым растворам приливают перед концом титрования, когда желтая окраска йода начнет ослабевать. Титрование продолжают до исчезновения желтой окраски растворов:



Во времени титрования содержимое колб энергично взбалтывают для лучшего контакта йода с водным раствором тиосульфата натрия. Параллельно проводят холостой опыт без анализируемого вещества.

Бромное число рассчитывается по формуле:

$$\text{Б. ч.} = \frac{(a - b) \cdot 0,008 \cdot K \cdot 100}{g},$$

где a – объем 0,1N раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, пошедший на титрование раствора в холостом опыте; b – объем 0,1N раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, пошедший на титрование раствора анализируемого вещества; 0,008 – количество брома в граммах на 1 мл 0,1N раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; K – поправка на 0,1N раствор $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; g – навеска анализируемого вещества.

2.4.3. Определение температуры размягчения

Температурой размягчения называется температура, при которой в процессе нагрева резко возрастает деформируемость образца. Это условная характеристика, определяющая теплостойкость полимерного материала и возможность его технологической переработки.

Для определения температуры размягчения полимеров применяют металлический блок, изготовленный из латуни. Небольшую часть полимера помещают на металлический блок и нагревают с помощью электронагревателя. В цилиндрический канал погружают термометр и наблюдают за изменением агрегатного состояния анализируемого вещества. Очень важно заметить температуру, при которой полимер становится достаточно вязким, чтобы он мог легко деформироваться, но в то же время не был текучим, так как температура размягчения и температура плавления у большинства полимеров различны.

2.4.4. Определение молекулярной массы

Молекулярную массу определяют криоскопическим методом, который основан на понижении температуры замерзания растворителя при растворении в нем каких-либо веществ. Величина температурной депрессии (Δt) пропорциональна концентрации растворенного вещества в растворе.

Для определения температуры замерзания растворителя используют электронный термометр.

Сначала взвешивают растворитель, масса которого должна составить 30 грам. Затем в пробирку помещают термометр и производят примерное

определение показателя термометра при замерзании жидкости. Момент замерзания определяют по выпадению кристаллов. Фиксируют температуру (t_0), которая остается постоянной в течение некоторого времени при кристаллизации растворителя. Проводят серию измерений для нахождения средней температуры замерзания растворителя.

Далее взвешивают 0,1-0,3 г полимера, подогревают пробирку до полного растворения полимера в растворителе и определяют температуру кристаллизации образовавшегося раствора.

С одной порцией исследуемого вещества проводят параллельно три опыта, добавляя новые порции анализируемого раствора. Из найденных значений молекулярной массы берется среднее арифметическое.

Расчет молекулярной массы M производится по формуле:

$$M = \varepsilon \frac{1000 \cdot G}{\Delta t \cdot G_0},$$

где ε - криоскопическая постоянная; G – навеска вещества; Δt – понижение температуры замерзания; G_0 – количество растворителя.

2.4.5. Метод ИК-спектроскопии

Инфракрасная спектроскопия является одним из основных методов анализа органических соединений. Современная ИК-спектроскопия представляет собой экспрессный метод установления структурных особенностей полимеров. С помощью ИК-спектроскопии быстро и надежно идентифицируются разнообразные функциональные группы: карбонильная, гидроксильная, карбоксильная, амидная, нитрильная и др; а также двойные, тройные С-С связи и наличие ароматического кольца.

ИК-спектры принято записывать в виде зависимости пропускания ИК-излучения (%) от волнового излучения $\nu = 1/\lambda$ (см^{-1}), поэтому максимумы пиков, отвечающие наибольшему поглощению ИК-излучения, обращены вниз.

Энергия деформационных колебаний существенно меньше энергии валентных колебаний, поэтому деформационные колебания наблюдаются при больших длинах волн (низких волновых числах). Частота валентных колебаний связана с прочностью соответствующих связей. Тройные связи (поглощение при $2300\text{-}2000\text{ см}^{-1}$) прочнее двойных (поглощение при $1900\text{-}1500\text{ см}^{-1}$), которые, в свою очередь, прочнее одинарных (связи С-С, С-N, С-О поглощают при $1300\text{-}800\text{ см}^{-1}$).

Наиболее важные характеристические полосы поглощения располагаются в коротковолновой области частот основных колебаний молекул от 4000 до 1500 см^{-1} . Эта область имеет основное значение для структурного анализа.

2.4.6. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса

Спектроскопия ядерного магнитного резонанса – вид спектроскопии, которая регистрирует переходы между магнитными энергетическими уровнями атомных ядер, вызываемые радиочастотным излучением. Только ядра со спиновым квантовым числом I , отличным от «0», могут вызывать сигнал ЯМР, или быть активными в ЯМР.

Сущность ЯМР состоит в том, чтобы сообщить энергию ядру и перевести его с одного энергетического уровня на другой, более высокий уровень. Поскольку точное значение ΔE зависит от молекулярного окружения возбуждаемого ядра, имеется возможность связать величину ΔE со строением молекулы и в конечном итоге определить структуру всей молекулы.

Наибольшее распространение в исследовании органических веществ имеет спектроскопия протонного магнитного резонанса (ПМР, ЯМР ^1H) и ЯМР на ядрах изотопа ^{13}C (ЯМР ^{13}C).

Для проведения анализа удобно использовать дейтерированные растворители, поскольку дейтерий не дает сигнала в спектре ПМР.

Ампула с образцом помещается между полюсами сильного магнита. В магнитном поле протоны мгновенно ориентируются в направлении поля H_0 (подобно небольшим стержневым магнитам). В первый момент после внесения образца число ядер, ориентированных вдоль поля и против поля, становится одинаково (50% и 50%).

В конечном итоге должна существовать такая частота электромагнитного излучения, которая окажется равной разности энергий между более высоким энергетическим состоянием ядра (ориентация вдоль H_0) и более низким его состоянием (ориентация вдоль H_0). Если на ядро воздействовать именно этой частотой, оно будет взаимодействовать с излучением и изменит свое энергетическое состояние. Ядра, которые находились в более высоком энергетическом состоянии, перейдут на нижний уровень, и наоборот. Однако, поскольку на нижнем уровне существует некоторый избыток ядер, в более высокое энергетическое состояние перейдет большее число ядер, и в результате взаимодействия ядер с излучением данной частоты произойдет поглощение электромагнитного излучения. Именно это поглощение и вызывает сигнал ЯМР.

Разность положения сигнала данного протона и положение сигнала стандарта называется химическим сдвигом данного протона.

Химический сдвиг, мультиплетность, константа спин-спинового взаимодействия зависят от химического окружения данного ядра или группы ядер, от числа соседних ядер, обладающих магнитным моментом, от их относительного расположения, а также от числа анализируемых ядер в различных структурных фрагментах молекулы.

В качестве стандарта чаще всего используют тетраметилсилан (ТМС) $\text{Si}(\text{CH}_3)_4$. Запись ЯМР-спектра производится таким образом, чтобы H_0 возрастало слева направо. При том химический сдвиг сигнала ТМС принимают за ноль, и регистрируется в наиболее сильном поле (правая часть спектра). В практике ЯМР-анализа химический сдвиг выражают в миллионных долях (м.д.) и обозначают символом « δ ».

Степень экранирования ядра атома водорода зависит от электронного эффекта других групп, присоединенных к тому же атому углерода. Однако на величину химического сдвига действуют и другие факторы.

Расщепление сигнала протона на компоненты происходит благодаря спин-спиновым взаимодействиям. Чаще всего спин-спиновое взаимодействие распространяется не далее трех связей, если только это не напряженные циклы, мостиковые системы, делокализованные системы (в ароматических или ненасыщенных структурах). Если сигнал представлен в виде мультиплета (дуплет, триплет, квадруплет и т.д.), линия любого мультиплета будет отстоять от соседних линий того же мультиплета на одно и то же число герц. Численное значение этого расстояния называется константой спин-спинового взаимодействия и обозначается «J».

Для расчета константы спин-спинового взаимодействия определение разницы химических сдвигов между компонентами рассматриваемого мультиплета в м.д. После того, как эта величина определена, ее умножают на величину частоты прибора.

В эксперименте ЯМР можно определить относительное количество эквивалентных по химическому сдвигу протонов. Интенсивность сигнала пропорциональна количеству протонов каждого типа и измеряется площадью пика. Необходимо принять во внимание, что высота ступеньки не дает точного числа протонов, отвечающих сигналу, а только пропорциональна этому числу. Сравнивая высоты ступенек, соответствующих различным сигналам в спектре, определяют относительные числа протонов, отвечающих этим сигналам.

Таким образом, из спектра ЯМР получают три главных параметра, позволяющие определять строение молекулы – химический сдвиг сигнала, его мультиплетность и интегральную интенсивность.

3. Финансовый менеджмент

3.1. Анализ конкурентных технических решений

При ведении собственного производства необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями. Из наиболее влияющих предприятий-конкурентов в области производства БМК-5 можно отнести: ООО «Адгезия» (г Минск, Республика Беларусь), ОАО «Оргстекло» (г Дзержинск, Нижегородская область).

В табл. 15 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства сополимера БМК-5.

Таблица 15 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Ф	Б _А	Б _О	К _Ф	К _А	К _О
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии обогащаемого материала							
1. Выход продукта	0,3	4	4	5	1,2	1,2	1,5
2. Энергоемкость процессов	0,3	5	3	3	1,5	0,9	0,9
Экономические критерии оценки эффективности							
3. Цена	0,2	5	3	4	1,0	0,6	0,8
4. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
5. Финансирование научной разработки	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
Итого:	1				4,4	3,7	4,2

Б_Ф – продукт проведенной исследовательской работы;

Б_А – ООО «Адгезия»;

Б_О – ОАО «Оргстекло».

3.2. SWOT-анализ

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

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Первый этап SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Экологичность технологии С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С3. Использование отходов производств в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии) С4. Возможность использования инновационной инфраструктуры ТПУ	Сл1. Большой срок поставок материалов, используемых при проведении научного исследования
Возможности: В1. Повышение стоимости конкурентных разработок		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования		

Интерактивные матрицы представлены в таблицах 17, 18, 19, 20.

Таблица 17 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1		+	+	+

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

Слабые стороны проекта		
Возможности проекта		Сл1
	B1	

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта					
Угрозы		C1	C2	C3	C4
	У1	+	-	+	-
	У2	+	-	+	-
	У3	-	-	+	-

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

Слабые стороны проекта		
Угрозы		Сл1
	У1	+
	У2	-
	У3	+

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 21).

Таблица 21 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Экологичность технологии</p> <p>С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями</p> <p>С3. Использование отходов производств в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии)</p> <p>С4. Возможность использования инновационной инфраструктуры ТПУ</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Большой срок поставок материалов, используемых при проведении научного исследования</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Разработка технологии БМК-5</p>	<p>По причине большого срока поставок необходимых для исследований материалов возможно отставание от конкурентов с последующим падением спроса на продукцию</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p>	<p>Экологичность выбранной технологии способно ослабить влияние перечисленных угроз.</p>	<p>При задержках в поставках используемых материалов и одновременном развитии конкуренции технологии производства есть риски потери занятой ниши рынка. При добавлении к этому несвоевременного финансового обеспечения</p>

УЗ. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования		угроза потери рынка значительно возрастает
--	--	--

3.3. Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 22)

Таблица 22 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

		исследованиями	бакалавр
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, бакалавр
	10	Определение целесообразности проведения ВКР	Научный руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка технологии производства сополимера БМК-5	Бакалавр
	13	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	14	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	15	Составление пояснительной записки	Бакалавр

3.4. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 23 – Морфологическая матрица для методов получения сополимера бутилметакрилата и метакриловой кислоты

	1	2	3
Тип сополимеризации	Эмульсионная	Суспензионная	Блочная
Инициатор	Персульфат аммония	Перекись бензоила	Перекись бензоила
Стабилизатор/ пластификатор	Олеат натрия	Сополимер метакрилата натрия с метакриловой кислотой (84:16)	Дибутилфталат

3.5. 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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5},$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

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

Результаты расчетов занесены в таблице 24.

Таблица 24 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоёмкость работ									Исполнители	Т _р , раб. дн.			Т _р , кал. дн.		
		t _{min} , чел-дн.			t _{max} , чел-дн.			t _{ож} , чел-дн.				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
1	Составление технического задания	0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	Р	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	Б	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	К ¹	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	К ²	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Р	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
		0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Б	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
3	Подбор и изучение материалов	5	5	5	10	10	10	7	7	7	Р	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
		5	5	5	10	10	10	7	7	7	Б	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
4	Патентный обзор литературы	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	8,2	8,2	8,2	9,8	9,8	9,8
5	Календарное планирование работ по теме	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
		1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Б	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	3	3	5	5	5	3,8	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	1,9	2,3	2,3	2,3
7	Проведение экспериментов	5	5	5	8	8	8	6,2	6,2	6,2	Б	3,1	3,1	3,1	3,7	3,7	3,7
8	Сопоставление результатов с теоретическими исследованиями	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Р	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4
		3	3	3	5	5	5	3,8	3,8	3,8	Б	1,9	1,9	1,9	2,3	2,3	2,3
9	Оценка эффективности результатов	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	1,7	2	2	2
		5	5	5	6	6	6	5,4	5,4	5,4	Б	2,7	2,7	2,7	3,2	3,2	3,2
10	Определение целесообразности проведения ВКР	5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Р	2,9	2,9	2,9	3,5	3,5	3,5
		5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	2,9	3,5	3,5	3,5
11	Разработка технологии золосиликатного кирпича	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Б	2,4	2,4	2,4	2,9	2,9	2,9
12	Оценка эффективности производства	5	5	5	10	10	10	7	7	7	Б	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
		5	5	5	10	10	10	7	7	7	К ¹	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
13	Разработка СО	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	4,1	4,1	4,1	4,9	4,9	4,9
		7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	К ²	4,1	4,1	4,1	4,9	4,9	4,9

14	Составление пояснительной записки	13	13	13	16	16	16	14,2	14,2	14,2	Б	14	14	14	17	17	17
----	-----------------------------------	----	----	----	----	----	----	------	------	------	---	----	----	----	----	----	----

Р – руководитель

Б – бакалавр

К¹ – консультант по экономической части

К² – консультант по социальной ответственности

3.6. Разработка графика проведения научного исследования

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

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график (таблица 25), на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Данный график строится на основе таблицы 24.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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

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

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

Таким образом:

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

Таблица 25 – Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	$T_{кп.}$ дней	Продолжительность выполнения работ															
			февраль		Март			апрель			май							
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	0,1	■															
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,6	■															
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	4,2	■	■														
Патентный обзор литературы	Бакалавр	9,8		■	■	■												
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	0,8			■	■	■											
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	2,3				■	■	■										
Проведение экспериментов	Бакалавр	3,7 2,2					■	■	■									
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, бакалавр	1,4 2,3							■	■								

Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	2,0 3,2 0,6												
Вид работы	Исполнители	$T_{ки}$, дней	Продолжительность выполнения работ											
			февраль		Март			апрель			май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	3,5												
Разработка технологии обогащения сырья	Бакалавр	2,9												
Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант ЭЧ	4,2												
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	4,9												
Составление пояснительной записки	Бакалавр	40												

Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО

3.7. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

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

3.7.1. 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 таблице 26.

Таблицы 26 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З _м), тыс. руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Бутилметакрилат	кг	11245,263	11245,263	11245,236	221	221	221	2485,203	2485,203	2485,203
Метакриловая кислота	кг	468,553	468,553	468,553	195	195	195	91,368	91,368	91,368
Олеат натрия	кг	140,566	140,566	-	21	21	-	2,952	2,952	-
Персульфат аммония	кг	175,707	-	-	190	-	-	33,384	-	-
Перекись бензоила	кг	-	175,707	175,707	-	400	400	-	70,283	70,283
Дибутилфталат	кг	-	-	140,566	-	-	150	-	-	21,085
Итого:								2612,907	2649,806	2667,939

3.7.2. Расчет затрат на оборудование

Таблица 27 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1.	Смеситель	2	240 000	480 000
2.	Реактор	4	1 800 000	7 200 000
3.	Центрифуга	1	2 770 000	2 770 000
4.	Сушилка кипящего слоя	1	441 000	441 000
Итого				10 891 000

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}},$$

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

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

Результаты расчетов приведены в таблице 14.

Таблица 28 – Ежегодные амортизационные отчисления

№ п/п	Наименование оборудования	Сумма амортизационных отчислений, руб.	Время полезного использования, год	Годовая амортизация, руб
1.	Смеситель	480 000	10	48 000
2.	Реактор	7 200 000	10	720 000
3.	Центрифуга	2 770 000	10	277 000
4.	Сушилка кипящего слоя	441 000	10	44 100
Итого				1 089 100

3.7.3. 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:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

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

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно – техническим работником, раб.дн. (табл.12).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

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. 29 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 29 –Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	140	140	140	140
Количество нерабочих дней				
выходные дни:	16	16	16	16
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	118	118	118	118
--	-----	-----	-----	-----

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

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

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

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

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 30.

Таблица 30 – Расчет основной заработной платы

Категория	Z_{TC} , руб.	k_d	k_p	Z_M , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель							
ППСЗ	23264,9	0,35	1,3	39922,5	1487,6	14	20826,4
Бакалавр							
ППС1	14874,5	0,35	1,3	25524,6	945,4	62	58614,8
Консультант ЭЧ							
ППСЗ	20080,9	0,35	1,3	34458,8	1276,3	3,6	4594,7
Консультант СО							
ППСЗ	20080,9	0,35	1,3	34458,8	1276,3	3,6	4594,7

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 31.

Таблица 31 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{дон}$, руб.	$Z_{зн}$, руб.
Руководитель	20826,4	1457,9	22284,3
Бакалавр	58614,8	4103,0	62717,8
Консультант ЭЧ	4594,7	321,6	4919,3
Консультант СО	4594,7	321,6	4919,3

3.7.4. Страховые отчисления

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

Величина этих отчислений определяется по формуле:

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 32.

Таблица 32 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	20826,4	1457,9
Бакалавр	58614,8	4103,0
Консультант ЭЧ	4594,7	321,6
Консультант СО	4594,7	321,6
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,305	
Итого:	28924,6	

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Однако на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих

образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 30%.

3.7.5. 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:

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

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

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 27148 руб.

3.7.6. Формирование бюджета затрат

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

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

Таблица 33 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	2 612 907	2 649 806	2 667 939	табл.12
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	10 891 000	10 891 000	10 891 000	табл.13
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	88630,6	88630,6	88630,6	табл.16
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6204,1	6204,1	6204,1	табл.17
5. Отчисления во внебюджетные фонды	28924,6	28924,6	28924,6	-
6. Накладные расходы	2180426,608	2186330,448	2189231,728	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	15808092,90 8	15850895,74 8	15871930,02 8	Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 33 основные затраты НТИ приходятся на основную заработную плату исполнителей темы, причем для первого исполнения затраты являются наименьшими.

3.8. Определение эффективности исследования

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

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

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

Таблица 34 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

Таблица 35– Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,997	1	0,986
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,3	3,6
3	Интегральный показатель эффективности	4,61	4,3	3,65
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,93	0,79

Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что наиболее предпочтительным методом является сополимеризация бутилметакрилата и метакриловой кислоты в эмульсии. Именно для этого исполнения характерны наименьшие затраты на сырье, для суспензионной полимеризации они больше на 42802,84 руб/сутки, а для блочной полимеризации – на 63837,12 руб/сутки. Основываясь на ранее полученных данных из курса химии и физики полимеров, а так же общей химической технологии полимеров, можно утверждать, что эмульсионный и суспензионный способы синтеза полимеров являются более ресурсоэффективными, чем блочный способ: выход целевого продукта может достигать 99,5%, а степень конверсии – 95-97%.

4. Социальная ответственность

4.1. Производственная безопасность

4.1.1. Вредные факторы

При подробном исследовании процесса производства сополимера бутилметакрилата с метакриловой кислотой эмульсионным методом было выделено несколько вредных факторов, которые могут повлиять на непрерывность производства и значительно ухудшить условия труда.

В промышленности используется реактор с лопастной мешалкой, так как при проведении процесса в эмульсии необходимо интенсивное перемешивание реакционной среды во избежание преждевременной коагуляции и выхода реактора из строя. Так же в производстве используется центрифуга со шнековой выгрузкой продукта. В этих случаях стоит отметить такие факторы, как наличие подвижных частей производственного оборудования (ГОСТ 12.2.003-91 [22]), повышенный уровень шума на рабочем месте (ГОСТ 12.1.003-83 [23]) и повышенную температуру поверхностей оборудования (ГОСТ 12.0.003-74 [24]).

Сырьем для синтеза сополимера БМК-5 являются бутилметакрилат, метакриловая кислота, раствор персульфата аммония, олеат натрия и вода. Впоследствии для разрушения эмульсии используется 10%-ный раствор хлорида натрия. Бутилметакрилат (ГОСТ 16756-71 [25]) и метакриловая кислота являются токсичными веществами (ПДК 1 мг/л и 30 мг/м³ соответственно), следует предпринимать меры для коллективной и персональной защиты. Что же касается, воды (ГОСТ 6709-72 [26]), раствора персульфата аммония (ГОСТ 20478-75 [27]), олеата натрия и хлорида натрия (ГОСТ 4233-77 [28]), то они не представляют собой угрозы для здоровья контактирующих с ними людей. Персульфат аммония ранее использовался в качестве пищевой добавки, олеат натрия применяется при производстве многих моющих средств, а хлорид натрия (поваренная соль) вызывает дерматит лишь при длительном контакте. Процесс практически полностью

автоматизирован, поэтому контакт с вышеперечисленными веществами может возникнуть в случае аварии на производстве, или недостаточной герметичности промышленного оборудования, что также исключено.

Помимо уже выделенных факторов необходимо помнить и о психофизиологической составляющей. При производстве БМК-5, как и при производстве любого другого полимера, возможны физические перегрузки, так как только полимеризация занимает по времени 11 часов. Также не исключены нервно-психические перегрузки вследствие длительной монотонной работы. Эти факторы контролируются стандартом ГОСТ 12.0.001-82 [29].

Для предотвращения аварийных ситуаций следует проводить 1-2 раза в год и при приеме на работу мероприятия по обучению персонала технике безопасности (ГОСТ 12.0.004-90 [30]), а так же обеспечить рабочих спецодеждой (ТР ТС-019-2011 [31]). Активное внедрение таких мер безопасности, как использование моющих средств по прибытии и отбытии с территории производства (Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 17 декабря 2010 г. N 1122н [32]).

4.1.2. Опасные факторы

Процесс синтеза сополимера БМК-5 при температуре 80-82 °С, поверхность внешней стенки реактора будет нагрета примерно до 60-70 °С. Основываясь на медицинских данных, можно утверждать, что температура термического ожога может отличаться, но в среднем она составляет 60-70 °С. В данном случае речь идет о необходимости средств индивидуальной защиты рабочих (ГОСТ 12.4.011-89 [33]).

Следующим не менее важным фактором следует считать работу с электрическими датчиками и приборами для контроля и регулирования технологических параметров процесса. Данный фактор контролируется приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации

от 24.07.2013 N 328н [34], в котором изложены правила по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Как и в каждой компании, фирме, производстве, при синтезе сополимера бутилметакрилата и метакриловой кислоты не следует исключать возможность возникновения пожара в качестве опасного фактора, так как последствия могут быть непредсказуемыми и нести большие материальные потери вплоть до полной остановки производства. Полимеризация в эмульсии считается наиболее безопасным методом полимеризации, так как несмотря на агрессивность некоторых компонентов реакционной среды, воды содержится в 4 раза больше, что значительно снижает взрыво- и пожароопасность метода. Так же присутствие такого количества нейтрального агента (воды) положительно влияет на возможность регулирования температуры. Так или иначе, пожарная безопасность обеспечивается в соответствии с ФЗ 123 [35].

4.2. Экологическая безопасность

С проблемой экологической безопасности лицом к лицу мир столкнулся еще в 60-е года. С тех пор даже самая маленькая организация старается как можно большую лепту внести в общее дело, начиная снижением количества вредных выбросов и отходов и заканчивая материальной поддержкой определенной особи вымирающего животного в зоопарке.

В ходе процесса производятся выбросы водяных паров в атмосферу с сушилки и сточных вод в гидросферу с центрифуги. Водяные пары в сушилке не загрязняются, а лишь остывают, потому их выброс безопасен для окружающей среды. В то время как сточные воды могут содержать непрореагировавшие в ходе сополимеризации вещества, а так же очень низкий процент соляной кислоты, образовавшейся при разрушении эмульсии. Но так как в задании к ВКР указано, что степень превращения обоих мономеров равна 100%, то непрореагировавших веществ выделяться

при промывке не будет. Предельно допустимая концентрация соляной кислоты в атмосфере составляет порядка 0,2 мг/м³ (ГОСТ 3118-77 [35]).

Кислые воды, прежде чем сбрасывать в гидросферу, проводят через узел нейтрализации сточных вод. Реагент, используемый для нейтрализации вод, определяется содержанием кислот. Если сбрасываемые воды включают большое количество кислоты и производительность установки более 5 т/сут, то чаще всего используют известь-пушонку. Растворы соды и гидроксида натрия применяются, если кислоты мало и производительность реактора составляет меньше 5 т/сут. Промышленное оборудование в данной работе рассчитано на производительность 11,686 т/сут.

4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Общими признаками ЧС являются:

- наличие или угроза гибели людей или значительное нарушение условий их жизнедеятельности;
- причинение экономического ущерба;
- значительное ухудшение состояния окружающей среды.

ЧС техногенного характера (ГОСТ Р 55201-2012 [36], ГОСТ Р 22.0.05-94 [37]) – транспортные аварии (катастрофы), пожары, взрывы, аварии с выбросом сильнодействующих ядовитых веществ на объектах, наличие в окружающей среде вредных веществ выше предельно допустимых концентраций, внезапное разрушение сооружений, аварии на очистных сооружениях, гидродинамические аварии.

При транспортировке опасных грузов по территории отечественные перевозчики заблаговременно разрабатывают, согласовывают с заинтересованными и утверждают маршруты перевозки. Маршруты перевозок опасных грузов некоторых классов и опасных грузов высокой степени опасности других подклассов, маршруты перевозок опасных грузов, выполняемые в сложных дорожных условиях (гололед, снегопад, туман), а также выполняемые колонной (более 3-х автомобилей). При разработке

маршрутов перевозки опасных грузов перевозчик должен руководствоваться следующими основными требованиями:

- вблизи маршрута перевозки не должны находиться важные крупные промышленные объекты;
- маршрут перевозки не должен проходить через места скопления людей, зоны отдыха, архитектурные, природные заповедники и другие, особо охраняемые территории;
- на маршруте перевозки должны быть предусмотрены места стоянок транспортных средств и заправок топливом.

Пожаро- и взрывоопасные объекты (ПВОО) – предприятия, на которых в процессе производства обращаются взрывоопасные продукты или продукты, приобретающие при определенных условиях способность к возгоранию или взрыву.

Пожар – неконтролируемое горение вне специального очага, приводящее к травме (телесным повреждениям), отравлению или гибели человека, а также к материальному и экологическому ущербу. Под опасными факторами пожара понимают воздействие огня и искр, высокой температуры, вредных продуктов горения, низкое содержание кислорода и плохую видимость. К вторичным опасным факторам пожара относят: обрушение конструкций, разрушение и взрывы технологических аппаратов и установок, другого оборудования, разгерметизация емкостей с выходом токсичных веществ и др. Причинами аварий, связанных с пожарами, могут быть короткое замыкание электропроводки, взрывы и возгорания некоторых веществ и материалов.

Перечень производимых и используемых в нашей стране различных химических веществ включает более 70 тысяч наименований. Подавляющее большинство из них представляет опасность для здоровья и жизни людей. Прежде всего, это относится к сильнодействующим ядовитым веществам (СДЯВ).

В промышленной токсикологии к СДЯВ относят те вещества, смертельная доза которых для человека не превышает 100 мг/кг. Важнейшим параметром, определяющим поведение токсичных веществ в случае разлива (выброса), является максимальная концентрация их паров, способность образовывать газовую фазу.

Аварии на химически опасных объектах классифицируются по следующим признакам:

- масштабам распространения СДЯВ;
- поражающим свойствам СДЯВ;
- продолжительности воздействия СДЯВ;
- степени химической опасности.

Зоной химического заражения называется площадь, в пределах которой проявляется поражающее действие СДЯВ. Чрезвычайные ситуации с химической обстановкой первого типа возникают в случае разгерметизации (взрыва) емкостей или технологического оборудования, содержащих газообразные (под давлением), криогенные, перегретые сжиженные химически опасные вещества. При этом образуется первичное парогазовое или аэрозольное облако с высокой концентрацией химически опасных веществ, распространяющееся по ветру.

К природным авариям (ГОСТ Р 22.0.03-95 [38]) относят аварии, произошедшие вследствие влияния различных природных явлений (землетрясения, смерча, молнии, сильный мороз).

Чрезвычайные ситуации природного характера классифицируются на:

- Космогенную
- Геофизическую
- Геологическую
- Метеорологическую
- Гидрометеорологическую
- Гидрологическую и пр.

4.4. Правовые вопросы обеспечения безопасности

Трудовое законодательство – законодательные и иные нормативные правовые акты, содержащие нормы трудового права, регулирующие трудовые отношения между работником и работодателем и иные непосредственно связанные с ними отношения.

Химическое производство предоставляет вредные или опасные условия труда, что добавляет определенные проценты выплат на зарплаты рабочим. Так, помимо всем известных основного оклада и 13% подоходного налога, работники химического производства в г. Томск будут получать дополнительно сумму в размере районного коэффициента, компенсации за работу во вредных условиях труда (ТК РФ ст.219). Помимо доплат за напряженность трудового процесса, работодатель может предоставить дополнительный отпуск (обычно в размере 7 дней), сократить продолжительность смены и количество рабочих часов в неделю до минимального (36 часов), организовать выдачу молочных продуктов. Размеры компенсаций, выплачиваемых работнику, будут зависеть от класса условий труда, рассчитанного по результатам социальной оценки условий труда (СОУТ).