

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 стирола и акрилонитрила в производстве ударопрочного сополимера

УДК 547.538.141:547.339.2:547.391.1:66.095.26-922

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Таракановская А.Н.		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры ЭБЖ	Чулков Н.А.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. кафедрой ТОВПМ	Юсубов М.С.	д.х.н., профессор		

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>Общекультурные 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

 (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	Таракановской Александре Николаевне

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.16г.
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является сополимер стирола и акрилонитрила, полученный радикальной полимеризации в дисперсной среде с использованием в качестве инициатора перекиси лауроила. Мощность – 2500 т/год Годовой фонд рабочего времени – периодический процесс</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Изучение процесса сополимеризации стирола и акрилонитрила в водной суспензии; проведение материального, теплового и механического расчетов; разработка разделов «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность».</p>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Схема технологическая, реактор-полимеризатор чертеж общего вида, сборочные единицы
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.э.н. Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	к.т.н., доцент Чулков Н.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
На русском: Введение, теоретическая часть, объект и методы исследования, инженерные расчеты, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность, заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	17.11.16 г.
---	-------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Таракановская Александра Николаевна		

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	Таракановская Александра Николаевна

Тема работы:

Проект узла сополимеризации стирола и акрилонитрила в производстве ударопрочного сополимера	
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. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с литературными данными, представленными в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований, предъявляемых к проекту.</i>
3. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ</i>
4. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности производства сополимера стирола и акрилонитрила</i>

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	Таракановская Александра Николаевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Б	Таракановская Александра Николаевна

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Характеристика производства сополимера стирола и акрилонитрила с использованием литературных данных, представленных в аналитических материалах, нормативно-правовых документах.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p>	<ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; (сначала коллективной защиты, затем индивидуальные защитные средства). – электробезопасность (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).
<p>2. Экологическая безопасность</p>	<ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры ЭБЖ	Чулков Н.А.	к.т.н, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Таракановская А.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 105 с., 10 рис., 43 табл., 28 источников, 0 прил.

Ключевые слова: суспензионная радикальная сополимеризация, стирол, акрилонитрил, проектирование

Объектом исследования является (ются) узел сополимеризации стирола и акрилонитрила в производстве ударопрочного сополимера

Цель работы – проектирование узла сополимеризации стирола и акрилонитрила суспензионном способом

В процессе выполнения работы изучался процесс сополимеризации стирола и акрилонитрила в дисперсной среде, были выполнены инженерные расчеты, включающие материальный баланс, тепловой баланс и механический расчет, проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения и определена ресурсная (ресурсосберегающая), финансовая, бюджетная, социальная и экономическая эффективность исследования. Также проанализированы опасные и вредные факторы, которые возникают в процессе производства сополимера, а также рассмотрено, какое влияние оказывает процесс производства на окружающую среду. Рассмотрены вопросы охраны труда.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: полимеризацию проводили в стандартном реакторе емкостного типа с перемешиванием, оснащенный рубашкой.

Область применения: в вычислительной технике, сантехнике, электроприборах, при изготовлении канцелярских принадлежностей, бытовой техники, панелей холодильников, предметов домашнего обихода.

ABSTRACT

Degree work is contained 105 pages, 10 drawings, 43 tables, 28 sources, 0 appendices.

Keywords: styrene, acrylonitrile, planning, free radical copolymerization in suspension

The object of the research is design a unit of copolymerization styrene and acrylonitrile for production impact modified copolymer.

The purpose of the research is a unit of copolymerization styrene and acrylonitrile in suspension.

During execution of the work studied theoretical bases of the process copolymerization styrene and acrylonitrile, description designed technological scheme of the styrene-acrylonitrile copolymer production installation in capacity type of reactor. It is given quantitative and qualitative feature source, reagent and final product. The made calculation material and heat balances, technological, hydraulic and mechanical calculation of the main device, is selected accessory. In section "safety to vital activity" is given feature of the styrene-acrylonitrile copolymer production installation and addressing in her material with standpoint of the damaging human organism and surrounding ambience. In organizing-economic part is made calculation and benchmark analysis to prime cost of the got product, estimation of the designed project.

The basic constructive, technological and technical-operational characteristics: the polymerization was carried out in a standard reactor capacitive type with stirring, equipped with a shirt.

Application field: hardware, plumbing, electrical devices, in the manufacture of stationery, household appliances, refrigerator panels, household items.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ 2.104 – 2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи.
3. ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.
4. ГОСТ 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.
5. ГОСТ 3.1404 – 86 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.
6. ГОСТ 10003-90 Стирол. Технические условия.
7. ГОСТ 11097-73 Нитрил акриловый кислоты технический. Технические условия.
8. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности.
9. ГОСТ 12.1.005-94 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды.
10. ГОСТ 12.4.034-2001 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка.
11. ГОСТ 28388 – 89 Система обработки информации. Документы на магнитных носителях данных. Порядок выполнения и обращения.
12. ГОСТ 32569-2013 Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах.

Оглавление

	С.
Введение	15
1 Теоретическая часть	17
1.1 Механизм процесса	17
1.2 Состав сополимера	19
1.3 Термодинамика сополимеризации	20
2 Объект исследования	23
2.1 Способы проведения сополимеризации стирола и акрилонитрила	23
2.2 Характеристика используемого сырья	27
2.3 Характеристика готового продукта	31
2.4 Выбор инициатора полимеризации	33
2.5 Выбор и обоснование конструкции основного аппарата	34
3 Инженерные расчеты	36
3.1 Описание технологической схемы	36
3.2 Материальный баланс	37
3.3 Тепловой расчет основного аппарата	48
3.4 Механический расчет	54
3.4.1 Выбор рубашки	54
3.4.2 Расчет толщины стенки аппарата	54
3.4.3 Расчет эллиптического днища и крышки	55
3.4.4 Выбор фланцев	56
3.4.5 Расчет и подбор опор аппарата	56
3.4.6 Расчет штуцеров	58
3.5 Подбор вспомогательного оборудования	60
3.6 Контроль производства	62
3.6.1 Аналитический контроль	62
3.6.2 Автоматический контроль	64
4 Финансовый менеджмент	66

4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	66
4.1.1	Анализ конкурентных технических решений	66
4.1.2	SWOT-анализ	67
4.2	Планирование научно-исследовательских работ	71
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования	72
4.2.2	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	72
4.2.4	Разработка графика проведения научного исследования	76
4.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	79
4.3.1	Расчет материальных затрат НТИ	79
4.3.2	Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ	81
4.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы	82
4.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	84
4.3.5	Накладные расходы	85
4.3.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	85
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	86
5	Социальная ответственность	89
5.1	Производственная безопасность	89
5.1.1	Анализ вредных факторов производственной среды	90
5.1.2	Анализ опасных факторов производственной среды	93
5.2	Экологическая безопасность	95
5.2.1	Воздействие на атмосферу	95
5.2.2	Воздействие на гидросферу	95

5.2.3 Воздействие на литосферу	96
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	96
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	98
Заключение	102
Список использованных источников	103

Введение

Ряд основных исследований в области химии стирола приходится на 30-е–40-е года 20 века, именно в то время ускоренными темпами начала развиваться промышленность пластических масс. И из года в год интерес к полимеризации и сополимеризации стирола только повышается. Это можно объяснить тем, что полистирольные пластики обладают комплексом ценных свойств, позволяющих их использовать в качестве пластмассы общего назначения.

Сополимеризация стирола с различными непредельными соединениями приводит к образованию полимеров, свойства которых в значительной степени отличны от свойств гомополимеров. Свойства эти зависят от степени полимеризации, соотношения обоих компонентов в готовом сополимере, а также от метода сополимеризации. В зависимости от применяемого метода получают сополимеры, отличающиеся друг от друга как величиной макромолекулы, так и соотношением входящих в реакцию мономеров.

В данной работе особый интерес будет уделен сополимеру стирола с акрилонитрилом.

Этот сополимер находит довольно узкое применение в промышленности, наибольший интерес он представляет в качестве полупродукта в получении АБС (сополимер акрилонитрил-бутадиен-стирол), который в свою очередь применяется в автомобильной промышленности. На его основе выпускаются пластиковые детали интерьера и внешней отделки автомобилей. В приборостроении АБС применяется в качестве конструкционного материала для корпусов электроинструментов, бытовых электроприборов, холодильников, телевизоров, аккумуляторов.

Также АБС широко применяется для производства товаров народного потребления. Это товары для ванной и туалета, спортивные товары, садово-огородный инвентарь, канцелярские принадлежности, детские товары и игрушки, конструкторы.

Кроме того, в пищевой промышленности он применяется для изготовления пластиковой посуды для питания на транспорте. Тарелки, чашки, боксы из специального АБС разрешены МинЗдравом к применению для горячих пищевых продуктов.

В настоящее время САН выпускается многими производителями в Италии, Бельгии, Германии, Сингапуре и других странах Европы, Азии и Америки. На Российском же рынке большей популярностью пользуются марки САН, производимые фирмами, традиционно связанными с изготовлением листового оргстекла и полистирола, в частности, марки “BARLO SAN” и “AKRYLON SAN”. Известно, что в США и Западной Европе потребление сополимеров стирола и акрилонитрила (САН) увеличивается ежегодно на 2,8 % и 2,4 %, соответственно, про отечественный рынок такая информация отсутствует [1].

Цель данной работы – проектирование узла сополимеризации стирола и акрилонитрила суспензионным способом в производстве ударопрочного сополимера.

1 Теоретическая часть

1.1 Механизм процесса

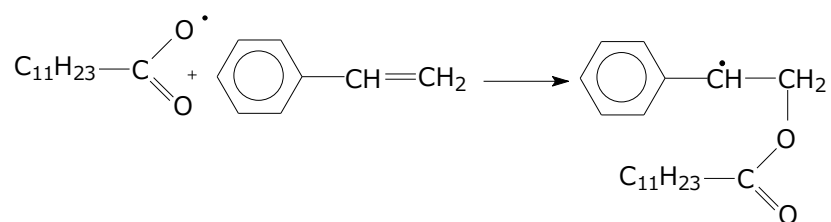
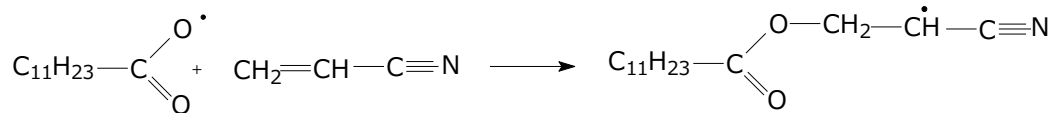
Сополимеризация стирола и акрилонитрила протекает по радикальному механизму. Любой процесс полимеризации включает в себя несколько основных стадий:

- 1) инициирование;
- 2) рост цепи;
- 3) обрыв цепи.

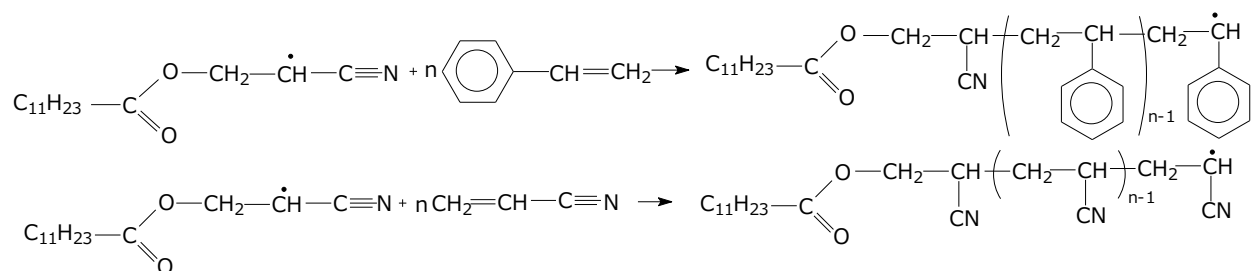
Для инициирования сополимеризации стирола и акрилонитрила используются перекиси, гидроперекиси. Так, например, перекись лауроила под действием температуры образует радикалы по схеме:

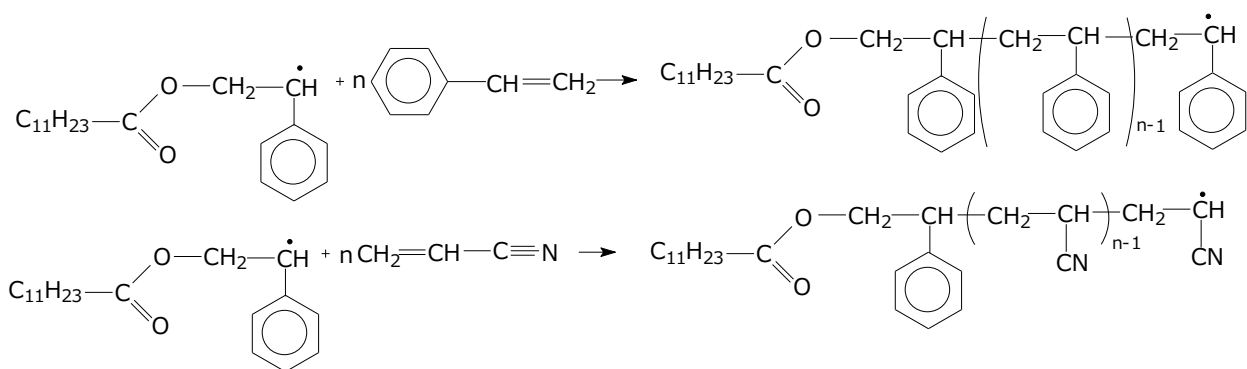


После этого происходит присоединение образовавшегося радикала к молекуле мономера как стирола, так и акрилонитрила:

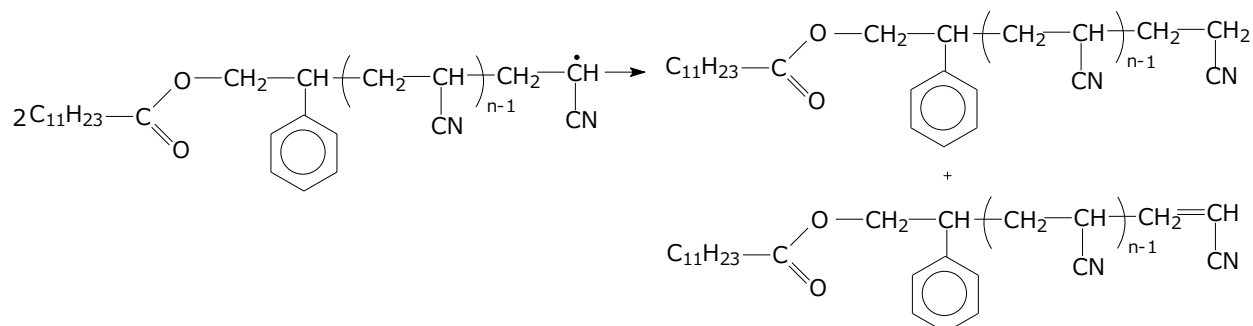


Затем происходит последовательное присоединение молекул мономера уже к вновь образовавшимся радикалам:

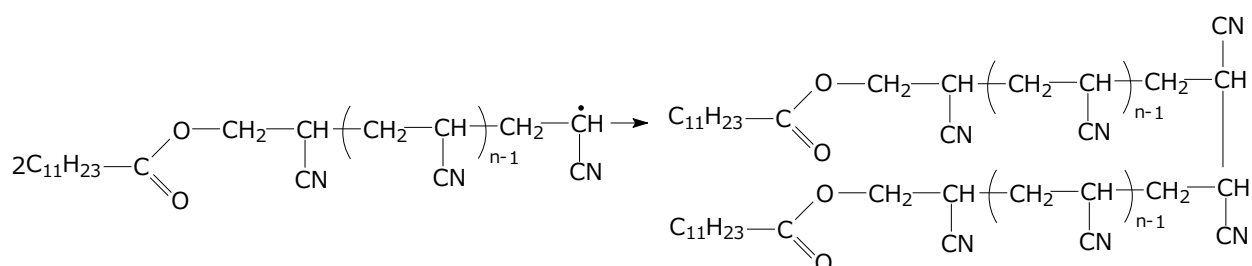




Процесс роста макромолекулы не может происходить, в связи с этим в определенный момент времени происходит, обрыв полимерной цепи. Реакция обрыва цепи может осуществляться различными путями в зависимости от природы макрорадикала, его величины и строения, вязкости среды, температуры, состава реакционной среды и т.д. Чаще всего обрыв происходит за счет соединения двух макрорадикалов между собой путем диспропорционирования



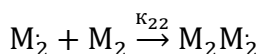
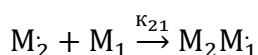
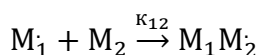
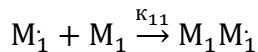
или рекомбинации



Также возможны реакции передачи цепи.

1.2 Состав сополимера

При сополимеризации двух мономеров одновременно протекают сразу четыре реакции роста, характеризующиеся своими константами роста цепи:



Скорости расходов мономеров выражаются следующими формулами

$$-\frac{d[M_1]}{dt} = k_{11} * [M_1] * [M_1] + k_{21} * [M_2] * [M_1]$$

$$-\frac{d[M_2]}{dt} = k_{22} * [M_2] * [M_2] + k_{12} * [M_1] * [M_2]$$

Откуда выражение для относительной скорости расхода мономеров имеет следующий вид $\frac{d[M_1]}{d[M_2]} = \frac{[M_1]}{[M_2]} + \frac{r_1[M_1]+[M_2]}{r_2[M_2]+[M_1]}$, где $r_1 = \frac{k_{11}}{k_{12}}$ и $r_2 = \frac{k_{22}}{k_{21}}$ — это константы сополимеризации.

Это уравнение носит название дифференциальное уравнение состава сополимера Майо – Льюиса. Однако, применение этого уравнения ограничено рядом условий:

- 1) константы сополимеризации постоянные и не зависят от природы предпоследнего и более далеких звеньев в макромолекуле;
- 2) степень конверсии мала, и отношение молярных концентрации мономеров в смеси постоянно;
- 3) реакции роста цепи необратимы, т.е. сополимеризация протекает в области, далекой от равновесия для обоих мономеров;
- 4) реакционная система гомогенна;
- 5) олигомерные продукты не образуются.

Из уравнения видно, что состав обычно отличается от состава исходной смеси мономеров, а характер этой зависимости будет определяться

значениями констант сополимеризации. Графической формой выражения уравнения состава являются так называемые кривые состава сополимера.

Из литературных источников известно, что константы сополимеризации стирола и акрилонитрила равны соответственно 0,4 и 0,04 (при $r_1 > 0$ и $r_2 \rightarrow 0$, $r_1 * r_2 = 0$), что свидетельствует о сильной тенденции к чередованию звеньев в цепи [2]. Ниже на рисунке 1 представлена кривая состава сополимера для системы стирол-акрилонитрил.

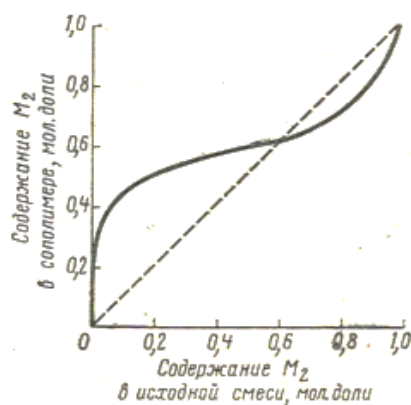


Рисунок 1- Зависимость состава сополимера от состава исходной смеси мономеров для системы стирол($r_1=0,4$) – акрилонитрил($r_2=0,04$).

Если в периодическом процессе акрилонитрил используется в концентрации ниже азеотропной, то из-за разности скоростей расхода мономеров сополимер будет обогащен мономером M_1 , т.е. стиролом. Так, например, при составе исходной смеси мономеров стирол: акрилонитрил=90:10(масс. %) сополимер сначала будет содержать приблизительно 0,74 мол. доли стирола, затем с ростом конверсии эта величина будет увеличиваться, а в конце процесса сополимер будет содержать практически один стирол.

1.3 Термодинамика сополимеризации

По термодинамике сополимеризации в литературе предложено очень немного информации. В общем случае, когда между звеньями двух мономеров

в полимерной цепи не возникает стерических препятствий, ожидается, что теплота сополимеризации будет линейно зависеть от состава сополимера.

Подобная зависимость хорошо прослеживается при сополимеризации стирола с диэтилфумаратом, которая представлена на рисунке 2.

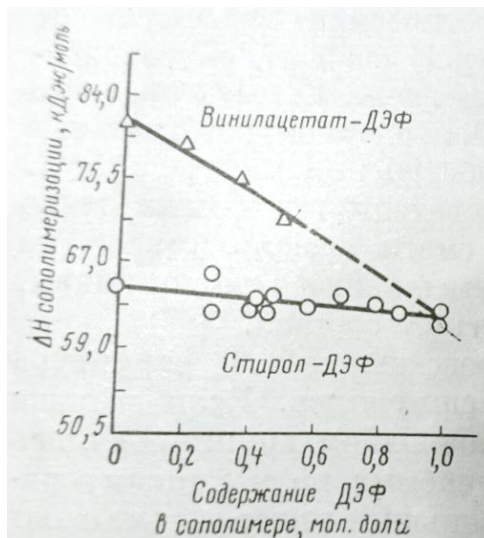


Рисунок 2- Зависимость теплоты сополимеризации стирола с ДЭФ от состава сополимера [2].

Однако при сополимеризации стирола с акрилонитрилом наблюдается совсем другая картина. Ниже на рисунке 3 видно, что эта зависимость имеет нелинейный характер: при содержании акрилонитрила в сополимере от 0-70 мол. % наблюдается увеличение теплоты сополимеризации, затем возрастании содержания акрилонитрила теплота сополимеризации уменьшается.

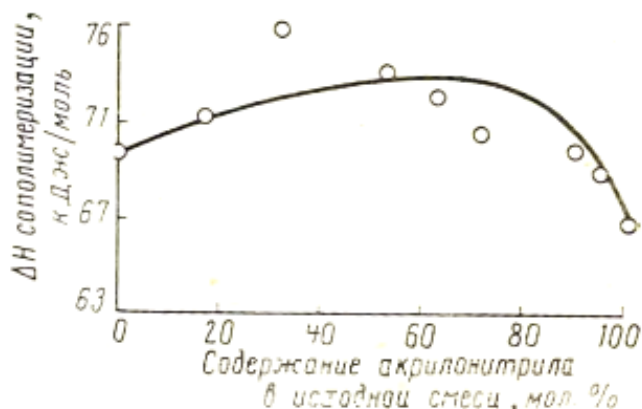


Рисунок 3- Зависимость теплоты сополимеризации стирола с акрилонитрилом от состава сополимера. Кривая рассчитана по уравнению Альфрея.

В общем виде зависимость теплоты сополимеризации от состава образующегося сополимера была изучена Алфреем и Льюисом. Величина ΔH определяется тепловым эффектом реакции роста цепи. При сополимеризации двух мономеров необходимо учитывать сразу четыре реакции роста цепи. Причем тепловые эффекты гомополимеризации (ΔH_{11} и ΔH_{22}) зачастую известны, а вот тепловые эффекты присоединения макрорадикала к «чужому» мономеру (ΔH_{12} и ΔH_{21}) не могут быть определены отдельно.

Из условий стационарности вытекает, что при статической сополимеризации реакции перекрестного присоединения протекают одинаковое число раз, так что сумма $\Delta H_{12} + \Delta H_{21}$ может быть определена.

При малой степени конверсии длина блока, образовавшегося из n молекул мономера M_1 , может быть выражена через вероятности актов роста цепи: $P_{11}^{n-1} P_{12}^2 [M_1]_n$, где $[M_1]_n$ – концентрация соответствующих мономерных звеньев в сополимере.

Тогда вклад в ΔH сополимеризации, обусловленный мономером M_1 , выражается формулой $\Delta H_1 = \sum_{n=1}^{\infty} [\Delta H_{21} + (n-1) * \Delta H_{11}] P_{11}^{n-1} P_{12}^2 [M_1]_n$.

Аналогичным образом записывается выражение и для ΔH_2 . Затем суммируя теплоты сополимеризации получаем

$$\Delta H_{\text{спл}} = m_2 P_{21} (\Delta H_{21} + \Delta H_{12} - \Delta H_{11} - \Delta H_{22}) + m_1 \Delta H_{11} + m_2 \Delta H_{22},$$

$$\text{где } m_2 P_{21} = \frac{1 - [1 - 4m_2(1-m_2)(1-r_1 r_2)]^{1/2}}{2(1-r_1 r_2)}, \text{ } r_1 \text{ и } r_2 \text{ - константы сополимеризации.}$$

Так как при радикальной сополимеризации мономеры легко присоединяются к «чужим» радикалам, руководствуясь правилом Поляни-Семенова, можно предполагать, что $(\Delta H_{12} + \Delta H_{21}) > (\Delta H_{11} + \Delta H_{22})$. В этом случае, чем меньше значение $r_1 * r_2$, тем больше значение $\Delta H_{\text{спл}}$, по сравнению с ΔH_{11} и ΔH_{22} . В данном случае, при сополимеризации стирола с акрилонитрилом значения констант сополимеризации соответственно равны 0,4 и 0,04, а $r_1 * r_2 = 0,016 \rightarrow 0$, следовательно, можно предположить, что $\Delta H_{\text{спл}}$ будет иметь максимальное значение, и исходя из рисунка 3 $\Delta H_{\text{спл}} \approx 73 \frac{\text{кДж}}{\text{моль}}$.

2 Объект и методы исследования

2.1 Способы проведения сополимеризации стирола и акрилонитрила

Сополимер стирола и акрилонитрилом в промышленности получают путем радикальной полимеризации, этим методом удастся получить линейные полимеры с необходимым внедрением сомономеров.

Процесс радикальной сополимеризации стирола и акрилонитрила проводится как в растворе, так и в водной суспензии, а также в массе.

Проведение полимеризации в растворе имеет как достоинства, так и ряд недостатков.

Главным преимуществом растворной полимеризации является получение полимера в виде раствора непосредственно на стадии проведения полимеризации. Таким образом, не нужно готовить раствор для формования после проведения полимеризации. Полученный раствор после удаления непрореагировавших мономеров методом дистилляции под вакуумом, после фильтрации и удаления воздуха, сразу используют для формования волокон. При этом конверсия акрилонитрила при полимеризации в растворе невысока и составляет порядка 50 %. Это объясняется тем, что применяемые растворители обладают большой константой передачи цепи на растворитель, что приводит к уменьшению скорости процесса.

Говоря о недостатках данного способа проведения полимеризации, в первую очередь важно отметить, что скорость полимеризации в растворе более низкая, чем в суспензионной полимеризации или полимеризации в массе, из-за более низкой концентрации мономера в растворе.

Еще одним недостатком является невозможность варьировать в широких пределах состав раствора, который затем будет использоваться для формования волокон, в данном случае состав раствора для формования определяется исходным составом сомономеров и условиями процесса полимеризации.

Также возможно проведение сополимеризации стирола с акрилонитрилом в блоке.

Инициаторами в данном способе полимеризации может выступать видимый свет, другие виды излучения (γ -лучи), вещественные инициаторы (азобисизобутиронитрил), образующие при термическом разложении свободные радикалы. Полимеризация в блоке является осадительной, т.к. образующийся полимер не растворим в своем мономере и практически сразу после начала процесса образует вторую фазу. После образования частиц полимера реакция продолжается как в жидкой фазе, так и на поверхности образовавшихся частиц.

Недостатком проведения сополимеризации в массе значительный экзотермический эффект, и поскольку в рассматриваемом случае полимеризация протекает без растворителя, возникает проблема теплопереноса и отвода теплоты. Данные обстоятельства приводят к тому, что реакцию в массе достаточно сложно контролировать, и этот процесс не применяется в промышленности.

В связи с этим, в промышленности большое распространение получили процессы проведения полимеризации в суспензии или эмульсии.

Акрилонитрил частично растворим в воде, поэтому процесс начинается гомогенно. Образующиеся частицы полимера не растворимы в воде и образуют вторую фазу. Далее процесс идет, в основном, гетерогенно на поверхности частиц. Полимеризация на поверхности частиц протекает быстрее, чем в растворе, поэтому реакция является самоускоряющейся, что приводит к высокой степени конверсии акрилонитрила, выход полимера составляет 70 % в пересчете на мономер, что является огромным достоинством данного способа. Эмульсионная полимеризация в водной среде позволяет получить сополимер с более высокой молекулярной массой, чем при получении сополимера полимеризацией в растворе. Также в эмульсионной полимеризации облегчен отвод тепла из зоны реакции.

Однако и у данного способа проведения сополимеризации стирола с акрилонитрилом есть недостатки:

- появление дополнительных стадий, таких как выделение полимера, отмывка полимера от неорганических примесей и его сушка от воды;
- необходимость регенерации значительных количеств воды.

Все это затрудняет применение эмульсионной полимеризации для синтеза сополимеров стирола и акрилонитрила.

Суспензионная сополимеризация стирола с акрилонитрилом протекает в водной среде в присутствии инициаторов полимеризации, растворимых в мономере и нерастворимых в воде. Мономер диспергируют в среде, в которой мономер не растворяется, интенсивным перемешиванием, добиваясь образования капель диаметром 0,1...5 мм. Размер капель можно регулировать скоростью перемешивания. В качестве дисперсионной среды чаще всего используется вода, реже водные растворы, глицерин, гликоли и другие вязкие, обладающие большой плотностью жидкости. Для предотвращения слияния капель мономера в процессе суспензионной полимеризации в реакционную массу добавляют поверхностно-активные вещества, которые обладают избирательной смачиваемостью и носят название стабилизаторов суспензии. В качестве стабилизаторов применяют крахмал, поливиниловый спирт, полиметакриловую кислоту, метилцеллюлозу, желатин, а также порошкообразные: углекислый кальций и барий, бентонит, каолин, силикаты магния, гидроксид алюминия, тальк. Для уменьшения взаимной растворимости мономера и воды, и регулирования плотности и поверхностного натяжения водной фазы в реакционную систему часто вводят электролит, например, NaCl или KCl.

Суспензионная полимеризация от начала до конца протекает в капле, представляющей собой миниатюрный блок. Поэтому кинетика реакции аналогична блочному процессу. Однако имеет некоторые преимущества по сравнению с блочной полимеризацией, например, в таких процессах существенно облегчен отвод теплоты полимеризации и поддержание

температурного режима в реакционном объеме. Также достоинством суспензионного метода в отличие от эмульсионного, является отсутствие необходимости осаждать полимер, так как после окончания полимеризации и прекращения перемешивания полимер представляет собой твердые стекловидные гранулы, которые легко отделяют от жидкой фазы фильтрованием или центрифугированием в виде бисеринок или жемчужин.

Наряду с достоинствами суспензионные процессы не лишены недостатков, таких как:

- появление дополнительных стадий: выделения полимера из реакционной массы, промывку гранул, их сушку, подготовку дисперсионной среды, ее очистку после завершения полимеризации;

- суспензионный полимер загрязнен остатками стабилизатора, который трудно полностью отмыть;

- при достижении степени полимеризации около 30 % капли полимеризующегося мономера становятся чрезвычайно вязкими и имеют большую склонность к агрегации, налипанию на твердые поверхности реакционного аппарата (коркообразованию);

- не все мономеры способны образовывать твердые гранулы в условиях суспензионной полимеризации.

Эти факторы затрудняют ведение процессов суспензионной полимеризации в непрерывном режиме, как правило, они либо полунепрерывны, либо периодичны.

Но все же несмотря на отмеченные технические трудности, суспензионные процессы полимеризации широко используются в промышленности, а иногда являются основными для промышленного производства полимеров.

2.2 Характеристика используемого сырья

а) Стирол

Стирол представляет собой прозрачную жидкость. Химическое название и формула: фенилэтилен - C_8H_8 . Плотность его при $20\text{ }^\circ\text{C}$ – $909,0\text{ кг/м}^3$, температура кипения ($T_{\text{кип}}$) – $145\text{ }^\circ\text{C}$, температура плавления ($T_{\text{пл}}$) – минус $30,6\text{ }^\circ\text{C}$. В настоящее время выпускается стирол двух основных марок: СДЭБ – стирол, полученный каталитическим дегидрированием этилбензола, и СДМФК – стирол, полученный дегидратацией метилфенилкарбинола в процессе совместного получения стирола и окиси пропилена. На рисунке 4 представлены схемы получения стирола обоими способами.

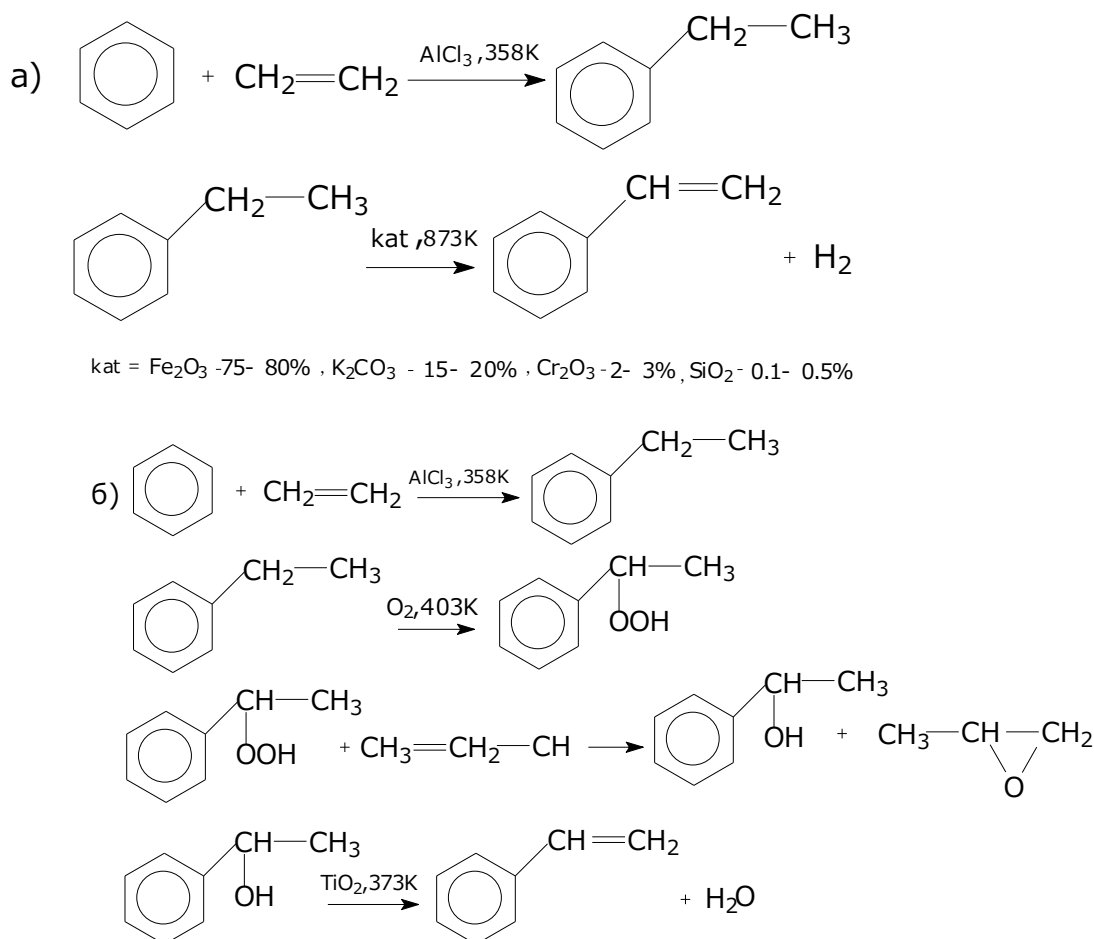


Рисунок 4– Схемы получения стирола: а) каталитическим дегидрированием этилбензола, б) дегидратацией метилфенилкарбинола[3].

Ниже в таблице 1 приведены физико-химические показатели стирола как товарного продукта.

Таблица 1– Физико-химические показатели стирола [4]

Показатель	Значение		Метод испытаний
	СДЭБ	СДМФК	
Внешний вид	Прозрачная однородная жидкость без нерастворенной влаги и механических примесей		п. 3.2 ГОСТ
Массовая доля стирола, %, не менее	99,80	99,80	п. 3.3 ГОСТ
Массовая доля фенилацетилена, %, не более	0,01	-	п. 3.3 ГОСТ
Массовая доля метилэтилакролеина, %, не более	-	0,006	п. 3.3 ГОСТ
Массовая доля дивинилбензола, %, не более	0,0005	-	п. 3.3 ГОСТ
Массовая доля ацетофенона, %, не более	-	0,006	п. 3.3 ГОСТ
Массовая доля карбонильных соединений в пересчете на бензальдегид, %, не более	0,01	0,01	п. 3.4 ГОСТ
Массовая доля перекисных соединений в пересчете на активный кислород, %, не более	0,0005	0,0005	п. 3.5 ГОСТ
Массовая доля полимера, %, не более	0,001	0,001	п. 3.6 ГОСТ
Цветность по платиново-кобальтовой шкале, ед. Хазена, не более	10	10	п. 3.7 ГОСТ
Массовая доля стабилизатора пара-трет-бутилпирокатехина, %	0,0005 - 0,0010	0,0005 - 0,0010	п. 3.8 ГОСТ

Стирол легко полимеризуется даже при хранении на холоде. В темноте и при отсутствии катализаторов он постепенно превращается в твердую, прозрачную и бесцветную массу. Стирол хорошо растворяется в ароматических углеводородах и ограниченно в этиленгликоле, пропиленгликоле, диэтиленгликоле, глицерине, пентаэритрите.

Стирол токсичен. При вдыхании паров наблюдаются головные боли, при длительном воздействии - заболевания печени и нервной системы. При работе со стиролом следует защищать кожу рук резиновыми перчатками, а в случае больших концентраций пользоваться противогазом.

б) Акрилонитрил

Акрилонитрил – легкоподвижная жидкость с неприятным запахом, напоминающим запах разбавленного пиридина. Химическое название и формула: нитрил акриловой кислоты – $\text{CH}=\text{CH}-\text{CN}$. Плотность его при $20\text{ }^\circ\text{C}$ – $806,0\text{ кг/м}^3$, температура кипения ($T_{\text{кип}}$) – 77°C , температура плавления ($T_{\text{пл}}$) – минус $84\text{ }^\circ\text{C}$. Растворимость в воде – $7,3\%$ по массе. Хорошо растворяется в органических растворителях, легко полимеризуется.

Существует шесть промышленных способов получения акрилонитрила: из этилена через этиленоксид и этиленциангидрин, при взаимодействии ацетилена с синильной кислотой, из этилена через ацетальдегид и гидроксинитрил, окислительным аммонолизом пропилена, из пропилена и оксида азота, прямым взаимодействием этилена, синильной кислоты и кислорода, а также окислительным аммонолизом пропана. Ниже на рисунке 5 представлены схемы получения первыми двумя способами.

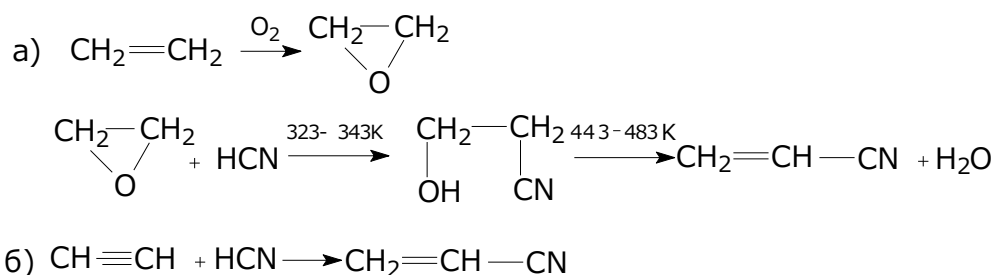


Рисунок 5 – Схемы получения акрилонитрила: а) из этилена через этиленоксид и этиленциангидрин, б) при взаимодействии ацетилена с синильной кислотой [2].

Ниже в таблице 2 приведены физико-химические показатели акрилонитрила как товарного продукта.

Таблица 2 – Основные показатели акрилонитрила [5]

№ п/п	Наименование показателей	Норма	
		Высшая категория качества	Первая категория качества
		Высший сорт	1 сорт
1.	Внешний вид	прозрачная жидкость, механических примесей	не содержащая
2.	Цветность, единицы Хазена, не более	5	5
3.	Плотность при 20°C, г/см ³	0,800 - 0,806	0,800 - 0,806
4.	Показатель преломления при 20°C	1,3910 - 1,3920	1,3910 - 1,3920
5.	Массовая доля кислот в пересчете на уксусную кислоту, %, не более	0,0020	0,0035
6.	Массовая доля воды, %, не более	0,45	0,45
7.	Массовая доля синильной кислоты, %, не более	0,0005	0,0005
8.	Массовая доля железа, %, не более	0,00001	0,00002
9.	Массовая доля меди, %, не более	0,00001	0,00001
10.	Массовая доля акролеина, %, не более	0,0005	0,0010
11.	Массовая доля ацетона, %, не более	0,01	0,02
12.	Массовая доля ацетонитрила, %, не более	0,005	0,005
13.	Массовая доля альдегидов в пересчете на ацетальдегид, %, не более	0,003	0,003
14.	Массовая доля перекисей в пересчете на перекись водорода, %, не более	0,00002	0,00002
15.	Массовая доля стабилизатора, %, не более, в том числе:		
	- аммиака	0,008 - 0,012	0,008 - 0,012
	- гидрохинона	0,01 - 0,10	0,01 - 0,10
	п-метоксифенола	0,0035 - 0,0050	0,0035 - 0,0050

Акрилонитрил обладает общетоксичным, а также раздражающим действием при попадании на кожу и слизистые оболочки. Нитрил акриловой кислоты относится ко 2-му классу опасности (высокоопасное) в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76.

2.3 Характеристика готового продукта

САН имеет аморфную структуру и относится к группе сополимеров стирола. Является прозрачным материалом (часто с желтоватым или голубоватым оттенком) со светопропусканием до 87 %. САН характеризуется высокой жесткостью (прочность при растяжении – 65- 85 МПа) и лучшей стойкостью к удару по сравнению с полистиролом общего назначения. Также сополимер превосходит полистирол по стойкости к растворителям. Материал имеет более высокую теплостойкость по сравнению со стандартными марками АБС (температура размягчения по Вика – 105-110 °С) и хорошие диэлектрические свойства (электрическая прочность ~30 кВ/мм; удельное объемное сопротивление – около 1015 Ом*см).

В мировой практике используют сополимеры с различным содержанием в них акрилонитрила, основные физико-механические свойства которых приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-механические свойства сополимера стирола с акрилонитрилом при различном содержании акрилонитрила [6]

Показатели	Содержание акрилонитрила в сополимере, масс. %				
	5,5	9,8	14,0	21,0	27,0
Разрушающее напряжение при растяжении, МН/м ²	49,1	54,3	57,0	63,4	71,5
Относительное удлинение при разрыве, %	1,6	2,1	2,2	2,5	3,2
Термостойкость по Вика, °С	72	82	84	88	88
T _g , °С	93	95	97	98	98

В настоящее время на рынке США производство сополимера стирола с акрилонитрилом осуществляют два концерна: Bayer и Dow Chemical. Обе эти компании потребляют этот сополимер для производства АБС-пластиков и САН-содержащих полимеров. Производственные мощности в Западной Европе равномерно распределены по нескольким странам и компаниям, таким как BASF (Германия), Bayer (Бельгия), EniChem (Италия) и Dow (Нидерланды). Основными производителями САН в Японии являются компании Denki Kagaku Kogyo K.K., Techno Polymer и Asahi Chemical [1].

Ниже в таблице 4 приведены основные марки, которые поставляются на российский рынок концерном BASF(Германия).

Таблица 4 – Марки САН производства BASF [7]

Марка	Плотность	Показатель текучести расплава, г/10 мин	Типичное применение	Особенности
Luran 358N	1,08	22	Литье под давлением тонкостенных изделий или изделий с большими габаритами	- Высокая прозрачность; - Глянец поверхности; - Химическая стойкость
Luran 368R	1,08	10	Литье под давлением, повышенная ударопрочность	
Luran 378P	1,08	20	Литье под давлением тонкостенных изделий, повышенная ударопрочность	
Luran 388S	1,08	7	Литье под давлением, экструзия	
Luran НН120	1,08	7	Литье под давлением, экструзия, повышенная термостойкость	
Luran 378PG7	1,08	4	Стеклонаполненный, повышенная прочность и жесткость	

Также в таблице 5 приведены основные характеристики САН марки Luran 358 N, как наиболее широко распространенного представителя это вида пластиков.

Таблица 5 – Основные параметры САН BASF [7]

Параметр	Стандарт	Условия измерения	Luran 358 N (Германия)
Модуль упругости при изгибе, МПа	ISO 527-1/-2	2,8 мм/мин	3 700
Прочность при изгибе, МПа	ISO 178	2,8 мм/мин, 23°C	120
Прочность при растяжении, МПа	ISO 527-1/-2	23°C	72
Твердость по Роквеллу	ISO 2039-2	шкала R	83
Ударная вязкость по Изоду на образцах с надрезом, $\frac{\text{кг}\cdot\text{см}}{\text{см}}$	ISO 180/1A	23°C	2
ПТР, $\frac{\text{г}}{10 \text{ мин}}$	ISO 1133	220°C/10кг	22
Температура изгиба под нагрузкой, °C	ISO 75-1/-2	1,8 МПа	98
Температура размягчения по Вика, °C	ISO 75-1/-2	50°C/50Н	102
Плотность, $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$	ISO 1183		1,08

2.4 Выбор инициатора полимеризации

Сополимеризацию стирола с акрилонитрилом инициируют смесью инициаторов, которые, имея различные периоды полураспада, обеспечивают равномерную скорость полимеризации на протяжении всего процесса. Наиболее часто применяют смеси перекиси лауроила или новинита с порофором, перекисью бензоила, трет-бутилпербензоатом. Общее количество инициаторов колеблется от 0,1 до 0,5 % от массы мономера.

В таблице 6 приведены основные характеристики некоторых инициаторов.

Таблица 6 – Основные характеристики инициаторов.

Название инициатора	Температура, при которой $\tau_{1/2} = 1$ ч, °С	Энергия активации распада инициатора, кДж/моль
Перекись бензоила	90	122,35
Перекись лауроила	79	123,37
Трет-бутил пероксибензоат	122	151,59

В данной работе, однако, в качестве инициатора будет использоваться не смесь инициаторов, а одиночный инициатор – перекись лауроила, благодаря своей низкой температуре полураспада, что существенно облегчает технологическое оформление процесса и расчеты.

2.5 Выбор и обоснование конструкции основного аппарата

Конструкция и режим работы химических реакторов определяется типом химической реакции, фазовым состоянием реагентов, характером протекания процесса во времени (периодический, непрерывный), режимом движения реакционной среды, тепловым режимом работы, видом теплообмена, видом теплоносителя. По конструкционным признакам все реакторы синтеза полимеров можно объединить в следующие группы: реакционные котлы с мешалкой, автоклавы, реакторы горизонтальные барабанного типа, трубчатки, колонные аппараты, ленточные реакторы, реакторы пленочного типа, полимерные формы, шнековые и др.

Особенности полимеризации в дисперсной фазе диктуют применение реакторов с эффективными и перемешивающими устройствами и внешними теплообменными поверхностями. Процесс ведут обычно периодически в кубовых реакторах, объем которых может достигать десятки кубометров [12].

Реактор синтеза полимеров должен удовлетворять ряду требований: должен иметь необходимый реакционный объем, обеспечивать заданную производительность и определенный гидродинамический режим движения взаимодействующих фаз, поддерживать необходимый теплообмен в процессе получения полимера, уровень активности инициатора и т.д. [12].

Учитывая все вышесказанное, для получения сополимера стирола и акрилонитрила будет выбран емкостной аппарат с мешалкой и рубашкой.

В качестве конструкционного материала для изготовления обечайки будем использовать сталь X18H10T.

4 Финансовый менеджмент

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

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

При организации собственного производства сополимера стирола и акрилонитрила 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. Стоит отметить, что в России на данный момент нет производств этого сополимера, он импортируется из Японии (DenkiKagakuKogyo К.К., TechnoPolymer и AsahiChemical), США (Bayer, DowChemical) и стран Европы (BASF (Германия), EniChem (Италия) и Dow (Нидерланды)). Основными импортерами, однако, являются концерны Bayer и BASF.

В таблице 23 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства сополимера стирола с акрилонитрилом.

Таблица 23 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок: Б_ф – продукт проведенной исследовательской работы, Б_{к1} – САН концерна «Bayer» (США), Б_{к2} – САН концерна «BASF» (Германия)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии обогащаемого материала							
1. Выход продукта	0,3	4	5	5	1,2	1,5	1,2
2. Энергоемкость процессов	0,3	5	4	4	1,5	1,2	1,2
Экономические критерии оценки эффективности							
3. Цена	0,2	5	2	3	1,0	0,4	0,6
4. Конкурентоспособность продукта	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
5. Финансирование научной разработки	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
Итого:	1				4,3	4,1	4,0

4.1.2 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 24.

Таблица 24 – Первый этап SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экологичность технологии С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С3. Квалифицированный персонал С4. Возможность использования инновационной инфраструктуры ТПУ</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Большой срок поставок материалов, используемых при проведении научного исследования</p>
<p>Возможности: В1. Использование инфраструктуры ОЭЗ ТВТ Томск В2. Появление доп. спроса на новый продукт</p>		
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства</p>		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

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

Интерактивные матрицы представлены в таблицах 25,26,27 и 28.

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

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	0	+	+	0
	B2	+	+	+	0

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

Слабые стороны проекта		
Возможности проекта		Сл1
	B1	+
	B2	-

Таблица 27 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

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

Таблица 28 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

Слабые стороны проекта		
Угрозы		Сл1
	У1	+
	У2	-

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 29.

Таблица 29 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экологичность технологии С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С3. Квалифицированный персонал С4. Возможность использования инновационной инфраструктуры ТПУ	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Большой срок поставок материалов, используемых при проведении научного исследования
Возможности: В1. Использование инфраструктуры ОЭЗ ТВТ Томск В2. Появление доп. спроса на новый продукт	Разработка более дешевой технологии производства сополимера, экологичность этой технологии, а также использование высококвалифицированного персонала позволит повысить спрос на данный продукт и эффективно использовать инфраструктуру ОЭЗ ТВТ г.Томск.	По причине большого срока поставок необходимых для исследований материалов возможно отставание от конкурентов с последующим падением спроса на продукцию
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства	Экологичность выбранной технологии, а также низкая по стоимости технология производства способны ослабить влияние этих угроз.	При задержках в сроках поставок используемых материалов и одновременном развитии конкуренции технологии производства сополимера есть риски потери занятой ниши рынка.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ, все данные занесем в таблицу 30.

Таблица 30 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Науч. руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр
	4	Патентный обзор литературы	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические исследования	6	Проведение инженерных расчетов	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	8	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка технологии производства сополимера стирола и акрилонитрила	Бакалавр
	10	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	11	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	12	Составление пояснительной записки	Бакалавр

4.2.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В таблице 31 представлена морфологическая матрица для методов получения САН.

Таблица 31 – Морфологическая матрица для методов получения сополимера стирола и акрилонитрила

	1	2	3
А. Мономеры	Стирол Акрилонитрил	Стирол Акрилонитрил	Стирол Акрилонитрил
Б. Инициатор	Перекись лауроила	Перекись бензоила	Перекись лауроила с трет- бутилпербензоатом
В. Стабилизатор	Поливиниловый спирт	Трикальцийфосфат + ПАВ	Крахмал
Г. Регулятор молекулярной массы	Трет-додецилмеркаптан	Трет-додецилмеркаптан	Трет-додецилмеркаптан
Д. Пластификатор	1,1,3-триметил-3-фенилдан	1,1,3-триметил-3-фенилдан	1,1,3-триметил-3-фенилдан

4.2.3 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 $t_{ожі}$ будет использоваться следующая 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:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i},$$

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

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

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

Результаты расчетов занесены в таблицу 32.

Таблица 32 – 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	0,3	0,3	0,3	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	Р	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
		0,3	0,3	0,3	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	Б	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
		0,3	0,3	0,3	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	К ¹	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
		0,3	0,3	0,3	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	К ²	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2	Выбор направления исследований	0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Р	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
		0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Б	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
3	Подбор и изучение материалов	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	8,1	8,1	8,1	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	0,9	0,9	0,9	1	1	1
		1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Б	0,9	0,9	0,9	1	1	1
6	Проведение инженерных расчетов	4	4	4	4,5	4,5	4,5	5,2	5,2	5,2	Б	1,9	1,9	1,9	2,3	2,3	2,3
7	Оценка эффективности результатов	3	3	3	4	4	4	3,4	3,4	3,4	Р	2,0	2,0	2,0	2,2	2,2	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
8	Определение целесообразности проведения ВКР	5	5	5	7	7	7	6,3	6,3	6,3	Р	2,9	2,9	2,9	3,5	3,5	3,5

Продолжение таблицы 32

		5	5	5	7	7	7	6,3	6,3	6,3	Б	2,9	2,9	2,9	3,5	3,5	3,5
9	Разработка технологии производства сополимера стирола и акрилонитрила	2	2	2	3	3	3	2,8	2,8	2,8	Б	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0
10	Оценка эффективности производства	5	5	5	10	10	10	8	8	8	Б	3,7	3,7	3,7	4,0	4,0	4,0
		5	5	5	9	9	9	8	8	8	К ¹	3,7	3,7	3,7	4,0	4,0	4,0
11	Разработка СО	7	7	7	8	8	8	7,8	7,8	7,8	Б	4,5	4,5	4,5	5,2	5,2	5,2
		5	5	5	6	6	6	7,8	7,8	7,8	К ²	4,5	4,5	4,5	5,2	5,2	5,2
12	Составление пояснительной записки	12	12	12	13	13	13	13,5	13,5	13,5	Б	13	13	13	17	17	17

Р – руководитель

Б – бакалавр

К¹ – консультант по экономической части

К² – консультант по социальной ответственности

4.2.4 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, представленный в таблице 33, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Данный график строится на основе таблицы 32.

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

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

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{121}{121 - 17 - 6} = 1,24.$$

Таблица 33 – Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	T_{ki} , дней	Продолжительность выполнения работ																		
			февраль		март			апрель			май										
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3								
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	0,2																			
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,6																			
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	4,2																			
Патентный обзор литературы	Бакалавр	9,8																			
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	1,0																			
Проведение инженерных расчетов	Бакалавр	2,3																			
Оценка эффективности результатов	Руководитель, бакалавр	2,2 3,2																			
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	3,5																			

Продолжение таблицы 33

Разработка технологии производства сополимера	Бакалавр	3,0											
Оценка эффективности производства	Бакалавр, консультант ЭЧ	4,0											
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	5,2											
Составление пояснительной записки	Бакалавр	17											

Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО

4.3 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.

4.3.1 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 34.

Таблица 34 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Зм), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Стирол	т	7,31	7,31	7,31	65500	65500	65500	478805	478805	478805
Акрилонитрил	т	1,83	1,83	1,83	45000	45000	45000	82350	82350	82350
Перекись лауроила	кг	46	0	23	700	0	700	32200	0	16600
Перекись бензоила	кг	0	46	0	0	1100	0	0	50600	0
Трет-бутилпербензоат	кг	0	0	46	0	0	1500	0	0	69000
Трикальций фосфат+ПАВ	кг	0	60	0	0	650	0	0	39000	0
Крахмал	кг	0	0	150	0	0	55	0	0	8250
Поливиниловый стирт	кг	46	0	0	1250	0	0	57500	0	0
Трет-додecil меркаптан	кг	18,3	18,3	18,3	600	600	600	10980	10980	10980
1,1,3-триметил-3-фенилндан	кг	183	183	183	140	140	140	25620	25620	25620
Итого:								687455	688355	691605

4.3.2 Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

В таблице 35 приведены затраты на оборудование.

Таблица 35 – Затраты на оборудование для научно-экспериментальных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудова ния	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1.	Мерник 3,2 м ³	1	25000	1250
2.	Мерник 10 м ³	1	45000	2250
3.	Смеситель 8 м ³	1	40000	2667
4.	Насос X50-32-125а	1	30000	3000
5.	Емкостной реактор 8 м ³ с мешалкой лопастного типа	2	345000	23000
6.	Фильтр	1	8000	320
7.	Промежуточная емкость 12,5 м ³	1	50000	2500
8.	Центрифуга HS-325LS	1	186000	12400
9.	Сушилка кипящего слоя «Активатор СКС 10»	1	140000	9333
Итого				56720

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

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

где $C_{перв}$ – первоначальная стоимость, руб; $T_{ми}$ – время полезного использования, год.

Результаты расчетов приведены в таблице 35.

4.3.3 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:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

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. (таблица 10).

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 таблице 36 приведен баланс рабочего времени каждого работника НИИ.

Таблица 36–Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	121	121	121	121
Количество нерабочих дней				
выходные дни:	17	17	17	17
праздничные дни:	6	6	6	6
Потери рабочего времени				
отпуск:	0	0	0	0
невыходы по болезни:	0	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	98	98	98	98

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p,$$

где Z_{mc} –заработная плата по тарифной ставке, руб.;2145

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

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 37.

Таблица 37 – Расчет основной заработной платы

Категория	Z_{mc} , руб.	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель							
ППС3	27344	0,35	1,3	58652,9	1939	10	19390
Бакалавр							
ППС1	13550	0,35	1,3	29064,8	960,8	44,4	42659,5
Консультант ЭЧ							
ППС3	22870	0,35	1,3	49056,2	1621,7	3,9	6324,6
Консультант СО							
ППС3	24500	0,35	1,3	52522,5	1737,3	4,7	8165,3

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 38.

Таблица 38 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зн}$, руб.
Руководитель	19390	2908,5	22298,5
Бакалавр	42659,5	6399	49058,5
Консультант ЭЧ	6324,6	948,7	7273,3
Консультант СО	8165,3	1224,8	9390,1

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина этих отчислений определяется по формуле:

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

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

На 2014 г. в соответствии с ФЗ 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 2014 году водится пониженная ставка – 30%. Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 39.

Таблица 39 – Отчисления во внебюджетные фонды

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

4.3.5 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 НИИ составляют 137446,7руб.

4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 40.

Таблица 40 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	687455	688355	691605	табл. 11
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	56720	56720	56720	табл. 12
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	76539,4	76539,4	76539,4	табл.14
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	11481	11481	11481	табл.15
5. Отчисления во внебюджетные фонды	26846,2	26846,2	26846,2	-
6. Накладные расходы	137446,7	137590,7	138110,7	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	996488,3	997532,3	1001302,3	Сумма ст. 1-6

Как видно из таблицы 17 основные затраты НТИ приходятся на материальные затраты.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

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

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

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

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 41, а сравнительная эффективность разработки в таблице 42.

Таблица 41 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,25	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	2
3. Надежность	0,20	5	4	4
4. Воспроизводимость	0,25	4	4	4
5. Материалоемкость	0,15	5	3	5
ИТОГО	1	4,6	3,8	3,8

Таблица 42– Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,995	0,996	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	3,8	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,62	3,81	3,8
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,82	0,82

Вывод: Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что наиболее предпочтительным является способ производства сополимера стирола и акрилонитрила при использовании в качестве инициатора перекиси лауроила, а в качестве стабилизатора поливинилового спирта.

5 Социальная ответственность

Социальная ответственность – это ответственность, которую несет каждый инженер или исследователь за результаты своей деятельности перед обществом. Первостепенное значение при этом имеет безопасность применения тех технологий, которые создаются на основе достижений науки, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, так и для остального населения, и для окружающей среды проведения исследований.

5.1 Производственная безопасность

По своей природе опасные и вредные факторы, которые могут оказывать негативное влияние на работников в процессе производства сополимера стирола и акрилонитрила делятся на физические, химические, факторы трудового процесса. Ниже в таблице 43 рассмотрены эти возможные факторы, а также указаны источники их возникновения.

Таблица 43 – Опасные и вредные, возникающие в процессе производства сополимера стирола и акрилонитрила

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Утечки через неплотности трубопроводов и оборудования; неисправности в работе насосов и другого оборудования (реактора, центрифуги, сушилки)	1. Наличие в воздухе вредных химических веществ, обладающих канцерогенным, мутагенным и раздражающим действиями; 2. Превышение уровней шума и вибрации; 3. Отсутствие или недостаток естественного света.	1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования. 2. Электрический ток	Предельно допустимые концентрации вредных веществ в рабочей зоне [17]. Параметры микроклимата устанавливаются [18]. Общие нормативы безопасности при работе в условиях шума устанавливает [19].

5.1.1 Анализ вредных факторов производственной среды

Стирол – легковоспламеняющаяся жидкость, обладающая раздражающим, мутагенным и канцерогенным эффектом. При хронической интоксикации у рабочих бывают поражены центральная и периферическая нервная система, система кроветворения, пищеварительный тракт, нарушается азотисто-белковый, холестериновый и липидный обмен, у женщин происходят нарушения репродуктивной функции. Стирол проникает в организм в основном ингаляционным путём. При попадании на слизистые оболочки носа, глаз и глотки паров и аэрозоля стирола вызывает их раздражение.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) паров стирола в воздухе рабочей зоны 30/10 мг/м³, в атмосферном воздухе населенных мест максимально-разовая (ПДК_{м.р.}) – 0,04 мг/м³, среднесуточная (ПДК_{с.с.}) – 0,002 мг/м³, в водах водоемов хозяйственно-бытового водопользования – 0,1 мг/дм³ [20].

Акрилонитрил — легковоспламеняющаяся и токсичная жидкость. Температура воспламенения от 0 до 2,5 °С. Предел взрываемости в смеси с воздухом, % (об.): нижний — 3,05; верхний — 17,0 [21].

Акрилонитрил относится к сильнодействующим ядовитым веществам. Он может вызвать отравление при попадании в организм через дыхательные пути, кожу и желудочно-кишечный тракт. Предельно допустимая концентрация (ПДК) акрилонитрила в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м³, в атмосферном воздухе населенных мест среднесуточная (ПДК с.с.) – 0,03 мг/м³, в водах водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 2 мг/дм³ [21].

Для обеспечения безопасной работы с данными веществами помещения должны быть снабжены приточно-вытяжной вентиляцией и местными отсосами в местах наибольшего загрязнения воздуха. Необходимо соблюдать герметичность всего оборудования. Работающие со стиролом должны быть обеспечены специальной одеждой, обувью, резиновыми перчатками, защитными очками. В качестве средства индивидуальной защиты рекомендуется использовать фильтрующий противогаз марки А или БКФ [22] при объемной доле паров стирола в воздухе до 0,5 %, при более высоких концентрациях – шланговый изолирующий противогаз или кислородно-изолирующий прибор типа РКК-1.

В профилактике интоксикаций ядами, наряду с санитарно-техническими мероприятиями и мерами по охране труда, большое внимание уделяется питанию, как фактору, способствующему повышению сопротивляемости организма к определенному веществу или группе веществ, ускорению обезвреживания выведения их организма, снижению накопления. При работе во вредных условиях труда наиболее приемлемой с организационной точки зрения явилась выдача работникам молока [23]. Молоко выдается по 0,5 литра за смену независимо от ее продолжительности в дни фактической занятости работника на работах, связанных с производством или применением химических веществ, предусмотренных в [23].

Шумовое загрязнение среды на рабочем месте неблагоприятно воздействует на работающих и приводит к снижению производительности труда и качества выполняемой работы. Источниками шума и вибраций в производстве сополимера является оборудование (центрифуга, насосы), установленное в помещениях и на наружных установках, в которых отсутствуют постоянные рабочие места.

Защита от шума должна обеспечиваться разработкой шумобезопасной техники, применением средств и методов коллективной защиты, в том числе строительно-акустических, применением средств индивидуальной защиты. В первую очередь следует использовать средства коллективной защиты, которые включают в себя: изменение направленности излучения шума; рациональную планировку предприятий и производственных помещений; акустическую обработку помещений; применение звукоизоляции. К архитектурно-планировочным решениям относится создание санитарно-защитных зон необходимой – это наиболее простой способ обеспечения санитарно-гигиенических норм вокруг предприятий. Средства индивидуальной защиты применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удастся. Наиболее эффективны СИЗ (вкладыши(беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы) в области высоких частот [19].

Для улучшения условий работы при недостатке естественного света рекомендуется организовывать комбинированное освещение. Для освещения помещений следует использовать, как правило, наиболее экономичные разрядные лампы.

При отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, а также при наблюдении деталей, вращающихся со скоростью, равной или более 500 об/мин, нормы освещенности нормы освещенности определены в [24]. Также в цехах с полностью автоматизированным технологическим процессом следует предусматривать

освещение для наблюдения за работой оборудования, а также дополнительно включаемые светильники общего и местного освещения для обеспечения необходимой освещенности при ремонтно-наладочных работах [24].

В помещениях операторной ЦПУ рекомендуется создавать искусственное освещение с помощью системы общего равномерного освещения. Норма освещенности определена в [18]. При недостаточности общего освещения допускается установка светильников местного освещения для подсвета документов. В качестве источников света при искусственном освещении применяются преимущественно люминесцентные лампы.

5.1.2 Анализ опасных факторов производственной среды

Источниками механических травм являются движущиеся механизмы и машины, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки, разрушающиеся конструкции, острые кромки, заусеницы и шероховатости на поверхности заготовок, изделий, инструментов и оборудования, подъемно-транспортное оборудование, а также падение предметов с высоты. Также к ним можно отнести коррозию металлов, являющуюся причиной ослабления прочности конструкции и способствующей внезапному ее разрушению; неправильную эксплуатацию сосудов, работающих под давлением, при разрушении которых выделяются значительные количества энергии; падение на скользких поверхностях, действие нагрузок при подъеме тяжестей и т. д.

Для защиты от механического травмирования применяют следующие способы: обеспечение недоступности для человека опасных объектов, применение устройств, защищающих человека от опасного объекта; применение средств индивидуальной защиты.

Наибольшее применение для защиты от механического травмирования машинами, механизмами, инструментами находят оградительные,

предохранительные, тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, дистанционного управления.

Для того чтобы защитить себя от травм на производстве, работники должны строго соблюдать все инструкции по эксплуатации оборудования, все правила поведения на производственной площадке. Вовремя проводить ремонт и диагностику оборудования, ликвидировать, если это возможно, или контролировать все возможные источники опасности. Во время нахождения в опасной зоне использовать защитную одежду, перчатки, очки, каску.

Все трубопроводы и аппараты, по которым транспортируются продукты, изготавливаются из углеродистой и легированной стали. Предусмотрена защита зданий, сооружений, оборудования, трубопроводов от прямых ударов молнии, осуществляется путем присоединения корпусов отдельных аппаратов к заземляющему устройству и установкой молниеприемников, от статической индукции и статического электричества осуществляется путем его присоединения к контуру заземления [25].

Все производственные помещения должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения (огнетушители, асбестовые полотнища, песок) в соответствии с [10]. Во всех производственных и вспомогательных помещениях предусматривается тушение пожара с помощью пожарных кранов. На наружных сетях противопожарного водопровода устанавливаются пожарные гидранты. Во время пожара для защиты от разрушения и деформации оборудования и металлоконструкций реакторного блока предусматривается подача воды с помощью лафетных стволов. Проходы, выходы, коридоры, тамбуры, лестницы должны содержаться в чистоте, исправном состоянии и ничем не загромождены, поэтому в случае пожароопасной ситуации все сотрудники могут свободно покинуть здание.

Корпус центрального пульта управления оборудуется установкой газового пожаротушения оснащенной: системой обнаружения, сигнализацией и тушения пожара в защищаемом помещении методом создания огнетушащей

концентрации паров хладона по объему.

На случай возгорания установлена служба оповещения (звуковая пожарная сигнализация), а также датчики обнаружения пожара.

5.2 Экологическая безопасность

5.2.1 Воздействие на атмосферу

В процессе производства сополимера стирола и акрилонитрила могут возникнуть опасные выбросы в атмосферу мономерной фазы – стирола, который относится к умеренно-опасным веществам (2-ой класс опасности по [17]), и акрилонитрила, которому присвоен 3 класс опасности – высоко-опасное вещество по [17].

В целях защиты окружающей среды от этих опасных выбросов необходимо принять ряд мер: во-первых, технологический процесс должен проводиться в герметичном оборудовании, чтобы предотвратить возможные выбросы в атмосферу за счёт неплотностей технологического оборудования, во-вторых, осуществлять внедрение автоматической системы контроля за сырьем.

5.2.2 Воздействие на гидросферу

При производстве сополимера стирола и акрилонитрила после стадии центрифугирования образуются сточные воды, которые содержат в себе остатки инициатора полимеризации – перекиси лауроила, стабилизатора суспензии – поливинилового спирта, пластификатора – 1,1,3-триметил-3-фенилндан, регулятора молекулярной массы – трет-додецилмеркаптан.

Однако, эти вещества не относятся к классу опасных веществ, также содержание их в сточных водах настолько мало, что очистки сточных вод с целью выделения этих веществ не предусмотрено, так как это было бы

экономически не рациональным, они будут сливаться в общую канализационную сеть предприятия.

5.2.3 Воздействие на литосферу

На установке сополимеризации стирола и акрилонитрила в процессе производства САН образуются перерабатываемые отходы, к ним относятся САН низкомолекулярный и отходы САН в виде блинов, корок, кусков, образующиеся при чистке и пуске оборудования, которые после дробления идут на вторичную переработку.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Мероприятия, проводимые во время чрезвычайных ситуаций (аварий, стихийных бедствий, военных конфликтов), представляют собой проведение спасательных работ и неотложных аварийно-восстановительных работ в очаге поражения. Данные мероприятия должны проводиться на основании положений государственных стандартов по предупреждению и ликвидации чрезвычайной.

Возникновение чрезвычайных ситуаций на данном производстве может быть связано с прекращением подачи воды в качестве теплоносителя в рубашку реактора, прекращением подачи электроэнергии, нарушением герметичности соединений трубопроводов, аппаратов или их разрывов, а также с неисправностью средств контроля и автоматизации.

При эксплуатации производственного объекта в соответствии с [27] предполагается выполнение следующих требований:

- высокая квалификация обслуживающего персонала;
- эксплуатация оборудования и аппаратов в соответствии с требованиями технологического регламента и эксплуатационных рабочих инструкций;
- соблюдение правил по технике безопасности на рабочем месте;

- соблюдение норм технологического режима, установленных технологическим регламентом;
- систематический контроль за работой аппаратов, машин и трубопроводов, определение их состояния по внешнему виду;
- немедленная остановка производства при нарушении герметичности аппаратов и трубопроводов, сильной вибрации и неисправности машин и механизмов;
- соблюдение установленных планово-предупредительных и капитальных ремонтов оборудования;
- постоянный контроль и своевременный ремонт КИПиА и АСУТП;
- безопасная работа систем автоматической сигнализации и блокировок;
- постоянный контроль состава воздуха в производственных помещениях;
- исправность и безотказность работы средств пожаротушения;
- соблюдение правил обращения с вредными веществами;
- обеспечение обслуживающего персонала индивидуальными средствами защиты;
- непрерывная работа приточно-вытяжной вентиляции;
- наличие и исправность ограждений у вращающихся и движущих частей оборудования;
- теплоизоляция всего оборудования и коммуникаций, имеющих температуру поверхности выше 60 °С;
- наличие и исправность заземлений оборудования и трубопроводов.

При возникновении аварийной ситуации технологический персонал должен немедленно сообщить об аварийной ситуации диспетчеру, начальнику установки и принять соответствующие меры по ликвидации аварии. Во избежание отравления вредными парами при утечке необходимо воспользоваться противогазами, которые должны находиться на видном месте рабочего помещения.

Также для исключения возможности несчастных случаев должны проводиться обучение и проверка знаний работников требований безопасности труда.

Выполнение спасательных и других неотложных работ проводится специально обученными спасательными формированиями из числа работников промышленного объекта (подразделения гражданской обороны объекта). В случае необходимости (выброс в окружающую среду радиоактивных или токсичных химических веществ, а также бактериологических агентов) проводят специальную обработку, состоящую из обеззараживания и санитарной обработки.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно [28] каждый работник имеет право на рабочее место, которое должно соответствовать требованиям охраны труда, обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом, получение достоверной информации от работодателя о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов, обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя, обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя, компенсации, установленные законом, соглашением, трудовым договором, если он занят на тяжелых работах и работах с вредными и (или) опасными условиями труда[28].

Эффективность трудовой деятельности человека в значительной степени зависит от предмета и орудий труда, работоспособности организма, организации рабочего места, гигиенических факторов производственной среды. В связи с этим, правильное расположение и компоновка рабочего места – являются

важными задачами для работодателей, желающих обеспечить наиболее эффективный трудовой процесс.

Оптимальная поза человека в процессе трудовой деятельности обеспечивает высокую работоспособность и производительность труда. Неправильное положение тела на рабочем месте приводит к быстрому возникновению статической усталости, снижению качества и скорости выполняемой работы, а также снижению реакции на опасности. Нормальной рабочей позой следует считать такую, при которой работнику не требуется наклоняться вперед больше чем на $10...15^\circ$; наклоны назад и в стороны нежелательны; основное требование к рабочей позе – прямая осанка.

Выбор рабочей позы зависит от мышечных усилий во время работы, точности и скорости движений, а также от характера выполняемой работы.

Работая стоя целесообразнее при необходимости постоянных передвижений, связанных с настройкой и наладкой оборудования. Она создает максимальные возможности для обзора и свободных движений. Однако при работе стоя повышается нагрузка на мышцы нижних конечностей, повышается напряжение мышц в связи с высоким расположением центра тяжести и увеличиваются энергозатраты на $6...10\%$ по сравнению с позой сидя. Работа в позе сидя более рациональна и менее утомительна, обеспечивается возможность выполнять работу, требующую точность движения. Однако, следует учитывать, что в этом случае могут возникать застойные явления в органах таза, затруднение работы органов кровообращения и дыхания.

При организации производственного процесса следует учитывать антропометрические и психофизиологические особенности человека, его возможности в отношении величины усилий, темпа и ритма выполняемых операций, а также анатомо-физиологические различия между мужчинами и женщинами.

Периодическое чередование работы и отдыха способствует сохранению высокой устойчивости работоспособности. Различают две формы чередования

периодов труда и отдыха на производстве: введение обеденного перерыва в середине рабочего дня и кратковременных регламентированных перерывов. Оптимальную длительность обеденного перерыва устанавливают с учетом удаленности от рабочих мест санитарно-бытовых помещений, столовых, организации раздачи пищи. Продолжительность и число кратковременных перерывов определяют на основе наблюдений за динамикой работоспособности, учета тяжести и напряженности труда.

Однако, при выполнении работы, требующей значительных усилий и участия крупных мышц, рекомендуются более редкие, но продолжительные 10...12-минутные перерывы. При работах, требующих большого нервного напряжения и внимания, быстрых и точных движений рук, целесообразны более частые, но короткие 5...10-минутные перерывы.

Элементами рационального режима труда и отдыха являются производственная гимнастика и комплекс мер по психофизиологической разгрузке, в том числе функциональная музыка.

Для снятия нервно-психологического напряжения, борьбы с утомлением, восстановления работоспособности в последнее время успешно используют кабинеты релаксации или комнаты психологической нагрузки. Они представляют собой специально оборудованные помещения, в которых в отведенное для этого время в течение смены проводят сеансы для снятия усталости и нервно-психического напряжения. Пребывание рабочих в таких комнатах способствует снижению утомляемости, появлению бодрости, хорошего настроения и улучшения самочувствия, а как следствие, высокой и стабильной эффективности работы.

Также необходимо поддерживать определенный микроклимат производственных помещений, который определяется влиянием на организм человека различных факторов: температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей.

Все эти параметры как каждый в отдельности, так и в совокупности оказывают огромное влияние на работоспособность человека, его самочувствие и здоровье. При определенных их значениях человек испытывает состояние комфорта, что приводит к повышению производительности труда. В противном случае, они могут причиной снижения производственных показателей в работе, привести к профессиональным заболеваниям. Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда.