

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

---

Институт \_\_\_\_\_ Природных ресурсов \_\_\_\_\_  
Направление подготовки \_\_\_\_\_ Химическая технология \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ ТОВПМ \_\_\_\_\_

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>«Проект узла полимеризации метилметакрилата суспензионным способом»</b>

УДК \_678.744.335.063.62

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Килин Александр Владимирович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бондалетова Людмила Ивановна	К.Х.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников Михаил Эдуардович	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТОВПМ	Юсубов Мехман Сулейман-оглы	Профессор, Д.Х.Н.		

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

Институт \_\_\_\_\_ природных ресурсов \_\_\_\_\_  
 Направление подготовки \_\_\_Химическая технология \_\_\_\_\_  
 Кафедра \_\_технологии органических веществ и полимерных материалов\_\_

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Юсубов М.С.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Б	Килину Александру Владимировичу

Тема работы:

Узел для полимеризации метилметакрилата суспензионным способом	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т.д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т.д.).</i></p>	<p>Полимеризации метилметакрилата суспензионным способом; производительность установки составляет 4000 т/год; процесс периодический; в качестве основного аппарата использовался реактор емкостного типа, оснащенный лопастной мешалкой и рубашкой</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p>	<p>Произведен анализ научно-технической литературы; выполнены материальный, тепловой и</p>

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

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	<b>16.11.15 г.</b>
---	--------------------

**Задание выдал руководитель:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Килин А.В.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Д2Б	Килин Александр Владимирович

<b>Институт</b>	<b>Электронного обучения</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТОВПМ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Химическая технология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования получения полиметилметакрилата суспензионным способом

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИИ
4. Расчёт денежного потока
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Килин Александр Владимирович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2Б	Килин Александр Владимирович

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

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Проект узла полимеризации метилметакрилата суспензионным способом.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	<ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты; (сначала коллективной защиты, затем индивидуальные защитные средства).</li> <li>– электробезопасность (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);               <ul style="list-style-type: none"> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul> </li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> </ul>
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по</li> </ul>

	<p>предупреждению ЧС;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гусельников М.Э.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2Б	Килин А.В..		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
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.
<b><i>Универсальные компетенции</i></b>	
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 владеть иностранным 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.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа \_\_\_\_\_ 95 \_\_\_\_\_ с., \_\_\_\_\_ 12 \_\_\_\_\_ рис.,  
\_\_\_\_\_ 40 табл., \_\_\_\_\_ 15 \_\_\_\_\_ источников

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

Объектом исследования является производства полиметилметакрилата суспензионным способом.

Цель работы – спроектировать узел для полимеризации метилметакрилата суспензионным способом.

В процессе проектирования проводились расчеты материального и теплового баланса, конструктивные расчеты, автоматический и аналитический контроль, так же были затронуты ресурсоэффективность, ресурсосбережение и социальная ответственность. В результате расчетов спроектировано 4 реактора объемом по 10 м<sup>3</sup>.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: \_\_\_\_\_ реактор объемом 10 м<sup>3</sup>, общая высота аппарата 5780 мм, внутренний диаметр 2200 мм.

Область применения: авиа- машиностроении, медицине, канцелярские товары, строительстве

Экономическая эффективность/значимость работы. Из-за развивающейся авиа- и машиностроении в будущем будет спрос на ПММА



## Оглавление

Введение.....	10
1. Теоретическая часть.....	11
1.1 Способы полимеризации.....	11
1.2 Особенности проведения суспензионной полимеризации.....	13
1.3 Химизм процесса полимеризации ПММА.....	15
2. Объекты исследования .....	17
2.1 Химико-физические свойства ПММА.....	17
2.2 Характеристики используемого сырья.....	19
3. Контроль производства.....	22
3.1 Автоматический контроль.....	22
3.2 Аналитический контроль.....	25
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	34
5. Социальная ответственность.....	55

## **Введение**

Полиметилметакрилат, производство которого началось в 1933 году, в настоящее время используется в качестве заменителя стекла. Материал активно используется в строительстве, транспортной и электронной промышленности, а также в производстве мебели и медицинских продуктов[1].

Азиатско-Тихоокеанский регион, где спрос на полиметилметакрилат составил 65% в 2013 году, является крупнейшим потребителем и производителем материала. К основным потребителям полиметилметакрилата относятся Европа и Северная Америка. На территории СНГ полиметилметакрилат производится только в России, в то время как другие страны удовлетворяют спрос за счет импорта[1]. Ожидается, что потребление материала будет и дальше расти в Азиатско-Тихоокеанском регионе, главным образом, благодаря развитию электронной промышленности в Южной Корее, Китае и Тайване. Как прогнозируется, мировой рынок полиметилметакрилата достигнет производства в 2.9 миллионов тонн к 2020 году[1].

Целью работы является расчет реактора периодического действия, для полимеризации полиметилметакрилата суспензионным способом, с годовой производительностью цеха в 4000 т/год. Процесс получения полиметилметакрилата включает следующие стадии: загрузки сырья, полимеризации, фильтрование, центрифугирование и промывки, сушки гранул и грануляции.

## 1. Теоретическая часть

### 1.1 Способы полимеризации

При проведении любого процесса синтеза полимеров весьма важной стадией является химическое превращение мономеров в полимер. Способ проведения процесса существенно влияет на качество получаемого полимера и на экономику процесса в целом. Ниже будут проанализированы особенности существующих традиционных методов ведения технологических процессов. В технологическом синтезе полимерных материалов используются следующие методы полимеризации мономеров: в массе, в растворе, в суспензии и эмульсии [2].

#### Полимеризация мономеров в массе

Механизм полимеризации может быть радикальным или ионным в зависимости от типа инициаторов. При этом различают гомогенные системы (полимер полностью растворим в мономере, в конце процесса в зависимости от глубины превращения система представляет собой расплав полимера или его концентрированный раствор) и гетерогенные (полимер образует отдельную жидкую или твердую фазу). В результате полимеризационного процесса образуются полимеры линейного или разветвленного строения. Возможно получение всех трех типов сополимеров – статистических, блок- и привитых.

#### Полимеризация мономеров в растворе

Полимеризация мономеров в растворе включает собственно мономер, инициатор и растворитель. Начальная реакционная система может быть гомогенной или гетерогенной. Это практически единственный способ полимеризации газообразных мономеров на гетерогенных катализаторах. По сравнению с полимеризацией в массе этот метод имеет преимущество с точки зрения гибкости управления процессом, скоростей реакции и

теплоотвода. Для мономеров, полимеризующихся по радикальному механизму, эти преимущества в большинстве случаев недостаточны, чтобы сделать полимеризацию в растворе экономически выгодной для крупнотоннажного производства. Помимо дополнительных затрат на удаление реакционной среды, этот метод обуславливает ведение процесса с пониженной скоростью. Разбавление мономера приводит к получению полимера с меньшей молекулярной массой [2].

### Полимеризация мономеров в эмульсии

В качестве инициаторов процесса используют персульфаты калия или аммония, пероксид водорода, а также окислительно-восстановительные системы. Применение последних позволяет проводить полимеризацию мономеров при более низких температурах и с большими скоростями. В качестве окислителей обычно применяют пероксид водорода, персульфат калия, органические гидропероксиды. Восстановителями служат соли металлов переменной валентности, сернистые соединения и многие другие вещества. На активность инициаторов существенное влияние оказывает рН водной среды. В качестве регуляторов рН используются буферные вещества – фосфаты, карбонаты и др., количество которых составляет от 0,25 до 1 %. Полимеризация проходит в мицеллах с высокой скоростью и полимеры имеют большую молекулярную массу. Недостаток этого метода – загрязнение продукта следами эмульгатора и другими добавками, необходимость отделения водной фазы, отмывки от компонентов реакционной среды, сушки и первичной переработки. Наиболее широко применяется этот метод в производстве синтетических каучуков [2].

## Способы полимеризации полиметилметакрилата

Полимеризацию эфира метакриловой кислоты можно проводить блочным, суспензионным, эмульсионными методами и в растворе. Полимеризация в присутствии инициаторов протекает по радикальному механизму.

При блочной и суспензионной полимеризации в качестве инициаторов используют перекись бензоила и динитрил азобисизомасляной кислоты. Для снижения температуры полимеризации при получении толстых блоков в качестве инициатора полимеризации применяют эфиры надугольной кислоты (перкарбонаты).

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

При блочной полимеризации в присутствии перекисных инициаторов получают атактический полимер, который не кристаллизуется даже при растяжении [3].

### 1.2 Особенности проведения суспензионной полимеризации

Суспензионной полимеризацией называют полимеризацию, протекающую в каплях мономера, диспергированного в жидкой среде. При этом капли мономера постепенно превращаются в твердые полимерные частицы (порошок, гранулы, бисер, жемчуг).

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

повышению его концентрации в каплях мономера и увеличению их вязкости. Суспензия, как таковая, образуется только тогда, когда конверсия достигает примерно 70 % [5].

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

Достоинства данного метода следующие:

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

К недостаткам относятся:

1. полимер загрязнен стабилизатором;
2. трудно провести полимеризацию до полного исчерпания мономера;
3. коркообразование;
4. необходимость в операциях по выделению полимера из полимеризационной среды, а также в операциях по обеспечению экологичности процесса. Подготовка и очистка больших количеств воды.
5. многостадийность [5].

### 1.3 Химизм процесса полимеризации ПММА

Процесс полимеризации метилметакрилата идет по радикальному механизму. Радикальной полимеризацией называется цепной процесс с образованием свободных радикалов. Она является одной из основных реакций получения высокомолекулярных соединений.

Полимеризация метилметакрилата протекает в три стадии: инициирование, роста цепи и обрыва цепи.

#### **Инициирование.**

При инициирование в радикальной полимеризации, идет с образованием свободных радикалов.

Виды инициирования:

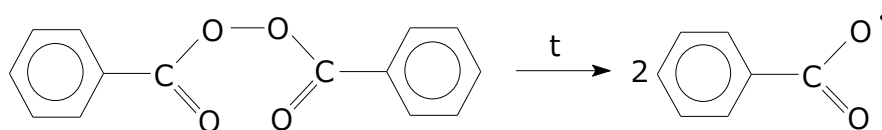
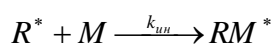
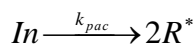
Термическое инициирование – свободные радикалы возникают в результате теплового воздействия

Фотоинициирование – при облучении мономера УФ-светом, молекулы поглотившие квант света, распадаются на свободные радикалы, которые после способны инициировать полимеризацию.

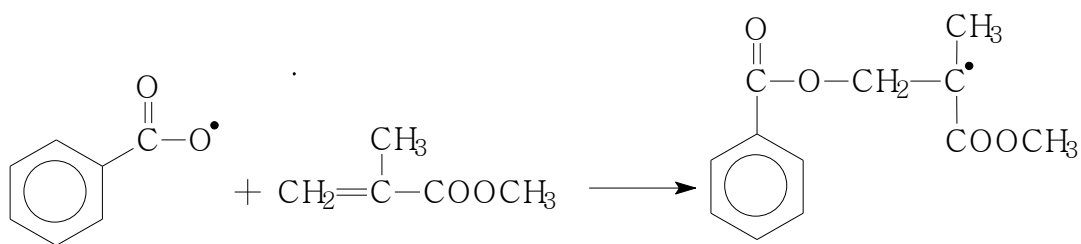
Радиационное инициирование – образование свободных радикалов под действием радиации (радиоактивного облучения).

Химическое инициирование – процесс образования свободных радикалов при распаде соединений с относительно невысокими энергиями связи.

В нашем случае идет химическое инициирование, т.е. идет разложение перекиси бензоила по следующей схеме:



Далее образовавшийся свободный радикал присоединится к молекуле ММА.



Скорость первой реакции определяется как:

$$V_{ин} = k_{ин}[In]$$

$$k_{ин} = 2k_{рас}f[In],$$

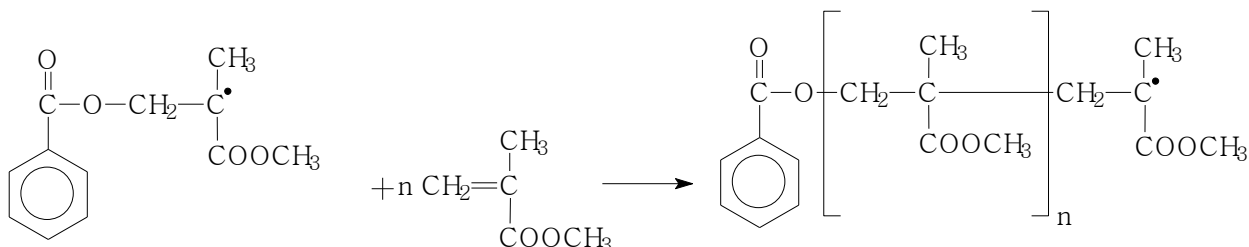
где  $k_{рас}$  – константа скорости распада инициатора;

$f$  – эффективность инициирования;

$k_{ин}$  – константа скорости инициирования.

### Рост цепи.

Далее идет рост цепи в радикальной полимеризации ММА, в котором последовательно присоединяется молекула мономера к активному центру по схеме:



Скорость роста цепи выражается уравнением:

$$V_p = k_p[R^*][M],$$

где  $V_p$  – скорость роста цепи;

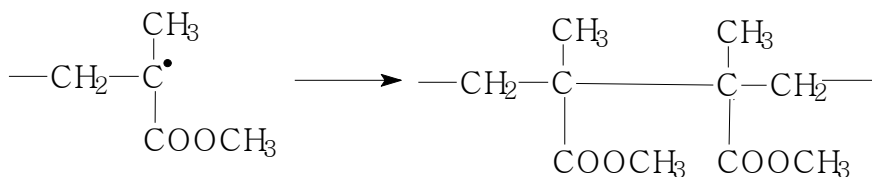
$k_p$  – константа скорости роста.

### Обрыв цепи.

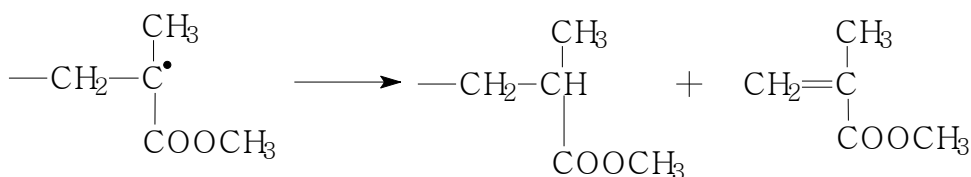
При радикальной полимеризации ММА возможны следующие виды обрыва цепи:



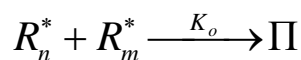
1. Рекомбинация – соединение двух макрорадикалов между с собой, при котором удваивается молекулярная масса.



2. Диспропорционирование – в процессе диспропорционирования молекулярная масса не изменяется.



Стадию обрыва можно выразить как



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

Скорость реакции обрыва цепи:  $V_o = K_o [R_n^*]^2$ .

## 2. Объекты исследования

### 2.1 Химико-физические свойства ПММА

Полиметилметакрилат - твердый аморфный (термопластичный) материал с молекулярной массой 20000—2000000 (в зависимости от способа получения). В нашем случае полиметилметакрилат производим суспензионным способом. Молекулярная масса полиметилметакрилата, получаемого суспензионной полимеризацией, 20000 – 30000. Он перерабатывается в изделия, как все термопластичные материалы, литьем под давлением или экструзией[3].

Полиметилметакрилат пропускает 91-92% лучей видимого спектра, 75% ультрафиолетовых лучей (силикатное стекло пропускает только 0,6-3%).

Предел прочности при растяжении составляет от 650 до 850 кгс/см<sup>2</sup>. Ударная вязкость от 8,5 до 12 кгс\*см/см<sup>2</sup>. Температура размягчения от 90 до 140<sup>0</sup>С. Температура плавления 160 <sup>0</sup>С. Рабочий диапазон температур изделий из ПММА составляет от -40<sup>0</sup>С до +90<sup>0</sup>С. Плотность ПММА составляет 1,13-1,19 г/см<sup>3</sup>.

Полиметилметакрилат обладает химической стойкостью к действию кислот, щелочей и газов; менее стоек к растворителям. Полиметилметакрилат стоек к ацетилену, петролейному эфиру, этилену, дихлорэтану, бензину, этиленгликолю и ряду других веществ. Он растворяется в ацетоне, толуоле, этил-, бутил- и амилацетатах, диоксане и в некоторых других растворителях.

Полиметилметакрилат окрашивается в массу в широкую гамму расцветок. Он хорошо формуется, обрабатывается механическим способом (резанием, распиловкой дисковыми и ленточными пилами, сверловкой, фрезерованием). ПММА сваривается в струе горячего воздуха, контактной сваркой, токами высокой частоты. Склеивается с применением растворителей[3].

Применяется ПММА в различных отраслях промышленности, строительстве, для производства предметов домашнего обихода, изделий галантерейного назначения и др. Широкий диапазон использования этого полимера объясняется сочетанием в нем ряда ценных свойств: прозрачности, легкости окрашивания во все цвета, атмосферной и химической стойкости, способности поглощать механические и звуковые колебания и др.

ПММА широко используется для изготовления прозрачных или светорассеивающих деталей электроарматуры, линз и призм для фотоаппаратуры, для производства зубных протезов, заливки биологических проб, для арматуры приборов и аппаратов.

ПММА – конструкционный материал, применяется в самолето- и вертолетостроении для остекления герметичных кабин пилотов, изготовления стекол иллюминаторов и ряда других изделий. Требования к такому материалу по мере увеличению скорости, высоты и дальности

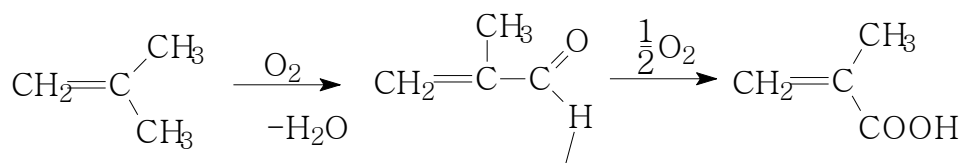
полетов современных самолетов непрерывно возрастают. Одним из эффективных путей повышения прочностных и эксплуатационных характеристик является плоскостная ориентация (вытяжка в разные стороны) органического стекла. Детали остекления из ориентированного ПММА обладают повышенной статической прочностью, значительным эксплуатационным ресурсом и высокой локальностью поражения при динамических испытаниях. Для предотвращения обледенения на самолетах органическое стекло армируется электронагревательными элементами

К недостаткам ПММА относится малая поверхностная твердость материала, что в ряде случаев ограничивает его применение. Под воздействием внешних сил и внутренних напряжений на органическом стекле могут появиться мелкие трещины. Это явление получило название «серебрение». Оно ухудшает свойства оргстекла. Повышению устойчивости против образования трещин способствуют пластификация и ориентация полимера в нагретом состоянии, но пластификация снижает теплостойкость полимера. Ориентацией можно увеличить ударную вязкость органического стекла в несколько раз [3].

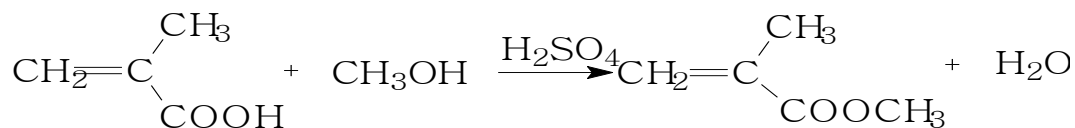
## 2.2 Характеристики используемого сырья

Основным сырьем для производства полиметилакрилата является метиловый эфир метакриловой кислоты  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$ . Эта жидкость с характерным запахом эфира. Плотность  $0,94 \text{ г/см}^3$ , температура кипения  $100,6^\circ\text{C}$ . Метилметакрилат обладает высокой реакционной способностью, легко вступает в реакцию полимеризации и сополимеризации, поэтому хранить метилметакрилат следует с ингибитором—гидрохиноном (0,005—0,01%).

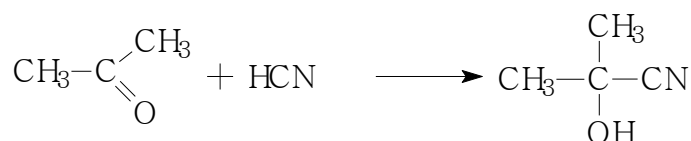
В промышленности в основном получают метилметакрилат каталитическим окислением изобутилена кислородом с последующим окислением образовавшегося метакролеина в метакриловую кислоту:



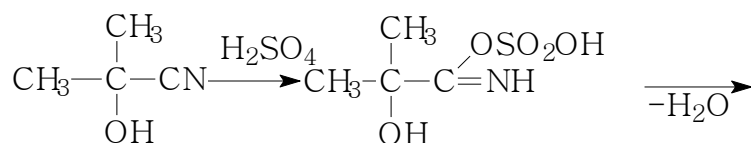
Метилвый эфир получают прямой этерификацией метакриловой кислоты метиловым спиртом в присутствии серной кислоты :



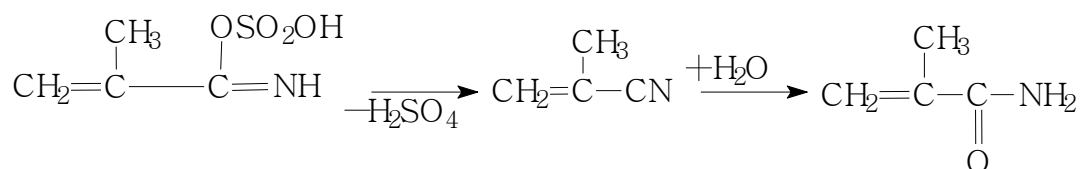
Также метилметакрилат получают через ацетонциангидрин.



После метилметакрилат получаем непрерывным методом через амид метакриловой кислоты в присутствии концентрированной серной кислоты при 140°C

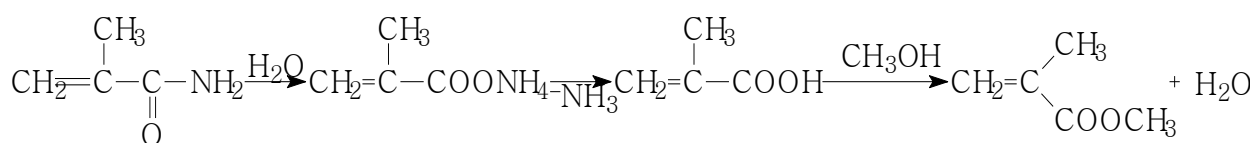


ацетонциангидрин



амид метакриловой кислот

После чего амид метакриловой кислоты, содержание которого в растворе серной кислоты составляет около 30%, взаимодействует с водой, образуя метакриловую кислоту с ее последующей этерификацией метанолом:

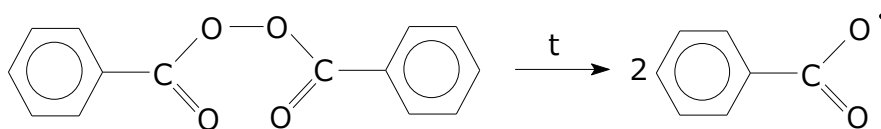


Получаемый метилакрилат-сырец, содержащий 78% основного вещества, ректифицируют до получения 99—99,8% метилметакрилата.

В качестве инициаторов полимеризации применяются органические перекисные соединения (перекись бензоила), а также персульфат калия или натрия. Для суспензионного процесса мы используем перекись бензоила.

Перекись бензоила ( $C_{14}H_{10}O_4$ ) применяют в производстве пластмасс, резиновых, лакокрасочных изделий и других отраслях промышленности.

Перекись бензоила распадается по схеме:



В зависимости от области применения техническую перекись бензоила изготавливают двух марок: А и Б. В нашем случае мы используем перекись бензоила марки А[6].

Таблица 1.

Наименование показателя	Марка А ОКП 24 17220100
1. Внешний вид	Белые гранулы размером до 5мм без механических примесей
2. Массовая доля воды, %	27±2
3. Массовая доля перекиси бензоила в сухом продукте, % не менее	98,2

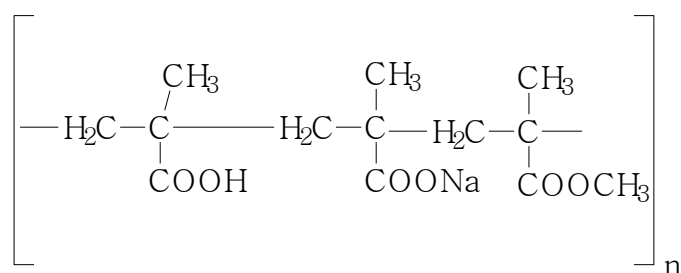
Сухая перекись бензоила - нестойкое вещество, разлагается со взрывом при ударе, трении, нагревании. Температура начала разложения 70-90 °С, самовоспламенения 144 °С, плавления 104-106 °С. Перекись бензоила легко воспламеняется и горит с большой скоростью, а в больших массах горит со взрывом. Является окислителем и воспламеняется при контакте с другими легко воспламеняющимися веществами и минеральными кислотами.

Перекись бензоила с массовой долей воды не менее 20% значительно менее взрыво- и пожароопасна, не восприимчива к удару и трению. Поэтому все работы с перекисью бензоила следует проводить только при массовой доле

воды не менее 20%, вдали от отопительных приборов и открытых источников огня. Транспортируют перекись бензоила только в увлажненном состоянии. Перекись бензоила обладает токсическим действием общего и местного характера. При попадании на кожу и слизистые оболочки вызывает ожоги [6].

В качестве регулятора процесса полимеризации метилметакрилата суспензионным методом применяется лаурилмеркаптан или бутилмеркаптан. В нашем случае используем бутилмеркаптан  $t_{\text{кип}} = -98,5^\circ\text{C}$  ( $\text{C}_4\text{H}_9\text{SH}$ ) жидкость с отвратительный запахом, плохо растворяется в воде, хорошо-в этаноле и диэтиловом эфире.

В качестве стабилизатора суспензии чаще всего применяют сополимер метилметакрилата с метакриловой кислотой и ее натриевой солью— сополимер МКМ; строение сополимера МКМ представлено на схеме:



### 3 Контроль производства

#### 3.1 Автоматический контроль

Автоматический контроль производства важен для регулирования различных параметров технологического процесса.

Объектами регулирования в химической промышленности являются колонны, емкости, сосуды, теплообменники, реакторы, печи, сушилки и т.п.

Основными регулируемыми параметрами технологического процесса полимеризации метилметакрилата является расход исходных веществ и измерение температуры в реакторе и сушильном шкафу.

Расход – это количества вещества, проходящей через заданное сечение трубопровода в единицу времени. Единицы измерения: массовый – кг/час; объемный – м<sup>3</sup>/час. Приборы для измерения расхода называются расходомерами.

Для измерения расхода мы применяем расходомер переменного перепада давления. Для этого измеряют расход путем дросселирования потока сужающим устройством постоянного сечения. Виды сужающих устройств: диафрагма, сопло, труба Вентури

Для нашего производства используем диафрагму ДКС (рис.) - это камерная диафрагма, установленная во фланцах трубопроводов.

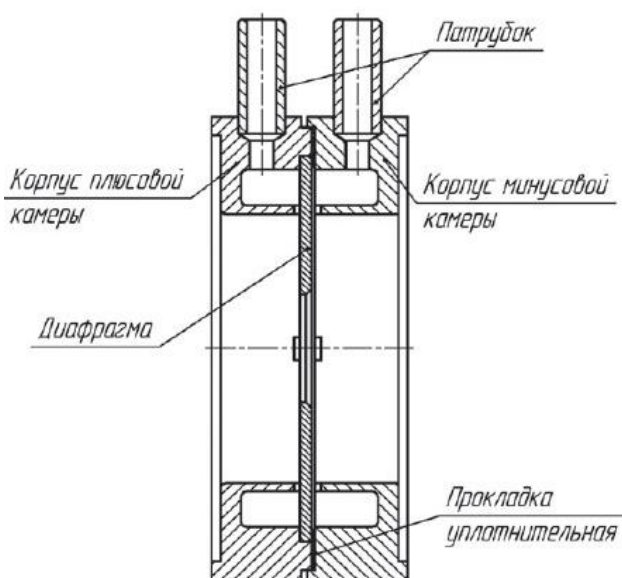


Рисунок 10– диафрагма ДКС [7]

Принцип действия основан на измерении перепада давления до и после сопла и передачи сигнала на вторичный преобразователь, который вычислит квадратный корень, так как зависимость имеет не линейный характер и предоставит данные расхода. Формула для расчета расхода:

$$Q = S \cdot \alpha \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1 - P_2)}$$

Где: Q – объемный расход;

S – Площадь поперечного сечения потока;

α – коэффициент расхода диафрагмы;

$P_1$  и  $P_2$  – давление до и после сужающего устройства.

Для измерения температуры используем медные термопреобразователи сопротивления. Принцип действия основан на изменении сопротивления чувствительного элемента при изменении температуры (рис). С диапазоном измерения температур от  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

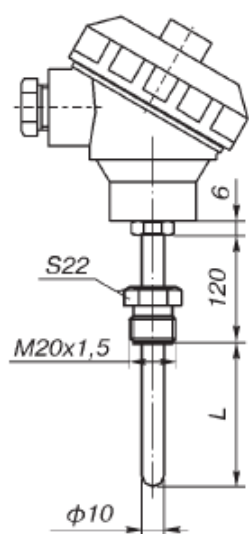


Рисунок 11 – термопреобразователь [8]

Первичные элементы такие, как расходомеры и термопреобразователи устанавливаются на трубопровод и аппарат. Вторичные преобразователи же устанавливаются в отдельном помещении – операторной. Вторичные преобразователи дают возможность операторам следить за параметрами процесса и регулированием технологических параметров с помощью регулирующего органа.

Таблица 18 – Карта контроля технологических параметров

Место измерения	Контролируемый параметр	Частота контроля	Кто контролирует	Метод и средства контроля



Реактор	Температура реактора	непрерывно	Аппаратчик	Термоэлектрический преобразователь
Сушилка	Температура в сушилке	непрерывно	Аппаратчик	Термоэлектрический преобразователь
Трубопровод	Расход исходных веществ	Время загрузки	Аппаратчик	Диафрагма камерная ДКС-0,6
Мешалка	Скорость вращения мешалки	непрерывно	Аппаратчик	Изменение сопротивления электродвигателя.

### 3.2 Аналитический контроль

Современное промышленное производство рассчитано на сложную переработку исходных сырья и материалов. В целях достижения высоких технико-экономических показателей – рациональной переработки сырья, максимальной производительности оборудования, хорошего качества продукции – необходимо соблюдать, параметры технологического процесса. Поэтому требуется развернутый аналитический контроль. Анализуются исходные материалы, полуфабрикаты, готовую продукцию, отходы производства [9].

Анализ органических веществ в связи с бурным развитием промышленности органического синтеза (производство мономеров, полимеров, каучука, элементоорганических соединений, биологически активных веществ) приобрел большое практическое значение. Анализ продуктов промышленного органического синтеза включает несколько этапов:

1. Определение физических свойств органических веществ;
2. Определение элементарного состава органических веществ (анализ на содержание углерода, водорода, азота, фосфора, хлора, серы);
3. Определение функциональных групп органических соединений

4. Анализ мономеров и полимеров; современная техника полимеризации предъявляет высокие требования к чистоте исходных мономеров; наличие даже небольших примесей отражается на кинетике процессов и структуре полимеров.
5. Определение кислотного, йодного, бромного, эфирного чисел, а также числа омыления.

#### Анализ мономера.

По физико-химическим показателям метилметакрилат должен соответствовать требованиям и нормам, указанным в табл.19.

Для проверки качества продукта пробы отбирают в равных количествах от 30% единиц упаковки, но не менее чем от трех, если партия состоит менее чем из 10 упаковочных единиц. При отгрузке продукта в цистернах пробы отбирают от каждой цистерны.

При получении неудовлетворительных результатов анализа хотя бы по одному из показателей проводят повторный анализ удвоенного количества проб, взятых от той же партии. Результаты повторного анализа распространяются на всю партию.

Таблица 19

Наименование показателя	Норма
1. Внешний вид	Бесцветная прозрачная жидкость
2. Цветность, не более	5
3. Массовая доля основного вещества, %, не менее	99,8
4. Массовая доля воды, %, не более	0,04
5. Плотность при 20 °С, г/см	0,942±0,003
6. Показатель преломления при 20 °С	1,414±0,001

7. Массовая доля свободных кислот в пересчете на метакриловую кислоту	0,004
8. Массовая доля примесей (ацетона, метанола, метилакрилата, метилизобутирата, этилметакрилата, метил- -оксиизобутирата, метилацетата), %, не более	0,15
9. Содержание полимера	Отсутствие помутнения

Точечные пробы отбирают при помощи открытого стеклянного дрота, медленно опуская его до дна бочки. Из цистерн точечные пробы отбирают при помощи пробоотборника из нержавеющей стали или алюминия равными частями сверху, из середины и снизу цистерны.

Отобранные точечные пробы соединяют вместе, полученную объединенную пробу тщательно перемешивают и не менее 0,5 дм средней пробы помещают в чистую сухую склянку с притертой пробкой. На склянку наклеивают этикетку с обозначениями: наименования продукта, даты изготовления, номера партии, даты и места отбора пробы [11].

Определение массовой доли основного вещества

Массовую долю основного вещества в процентах вычисляют по формуле:

$$X = 100 - X_{\text{в}} - X_1 - X_2,$$

где  $X_{\text{в}}$  - массовая доля воды, определяемая по ГОСТ 14870-77 электрометрическим титрованием.

$X_1$  - массовая доля свободных кислот в пересчете на метакриловую кислоту, %;

$X_2$  - массовая доля суммы примесей, %.

Плотность определяем по ГОСТ 18995.1-73, разд.1., показатель преломления определяют по ГОСТ 18995.2-73

### **Определение массовой доли свободных кислот в пересчете на метакриловую кислоту.**

В коническую колбу пипеткой приливают 50 см метилметакрилата, прибавляют из капельницы 2-6 капель спиртового раствора индикатора бромтимолового синего и титруют из бюретки спиртовым раствором гидроокиси калия до серо-зеленой окраски.

Массовую долю свободных кислот в пересчете на метакриловую кислоту в процентах вычисляют по формуле:

$$X_1 = \frac{V \cdot 0,0043 \cdot 100}{50 \cdot \rho},$$

где  $V$  - объем раствора гидроокиси калия концентрации точно 0,05 моль/дм<sup>3</sup>, израсходованный на титрование, см<sup>3</sup>;

$\rho$  - плотность анализируемого метилметакрилата, г/см<sup>3</sup>;

0,0043 - масса метакриловой кислоты, соответствующая 1 см<sup>3</sup> раствора гидроокиси калия концентрации точно 0,05 моль/дм<sup>3</sup>, г.

За результат анализа принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, допускаемое расхождение между которыми при доверительной вероятности 0,95 не должно превышать 0,0005%.

Допускаемая абсолютная суммарная погрешность результата анализа  $\pm 0,0004\%$  при доверительной вероятности 0,95.

Результаты параллельных определений округляют до десятитысячных долей процента, результаты анализа округляют до тысячных долей процента.

Допускается проводить процесс титрования с помощью автоматических титрометров, применяя в качестве рабочего электрода стеклянный электрод [11].

**Определение массовой доли примесей (метанола, ацетона+ацетата, метилакрилата, метилизобутирата, метилметакрилата, этилметакрилата, метил- -оксиизобутирата)**

При определении примесей используем газовый хроматограф серии «Цвет 100» с пламенно-ионизационным детектором.

В пенициллиновый флакон с самоуплотняющейся пробкой помещают 8-10 г метилметакрилата и, проколов пробку, добавляют "внутренний эталон" в количестве 0,03-0,1% от массы метилметакрилата.

Допускается применение другой посуды с самоуплотняющейся пробкой и взятие навесок до 50 г. После перемешивания 0,4-0,6 мкл вводят в испаритель хроматографа и хроматографируют при следующих условиях:

температура колонки	80-90 °С;
температура испарителя	140-160 °С;
расход газа-носителя азота	30-35 см /мин;
шкала прибора по току	50-100·10 А;
скорость диаграммной ленты	200-600 мм/ч;

Типовая хроматограмма органических примесей в метилметакрилате приведена на рис.12

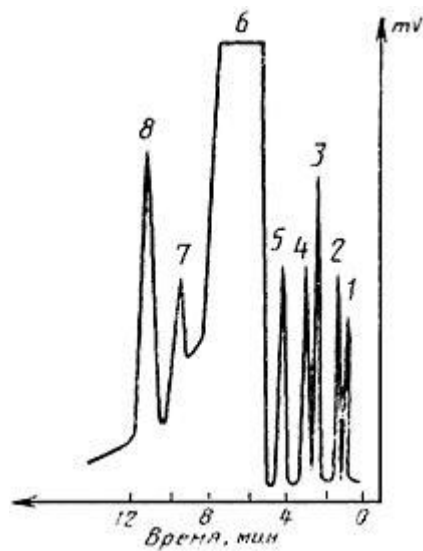


Рисунок 12- Типовая хроматограмма примесей в метилметакрилате

1 - метанол; 2 - ацетон+метилацетат; 3 - винилацетат ("внутренний эталон");  
 4 - метилакрилат; 5 - метилизобутират; 6 - метилметакрилат; 7 -  
 этилметакрилат; 8 - метил- -оксиизобутират

Измеряют линейкой высоты пиков анализируемых компонентов и  
 "внутреннего эталона".

Массовую долю каждой примеси вычисляют по формуле:

$$X_i = \frac{K_i \cdot h_i \cdot X_{\text{эт}}}{h_{\text{эт}}},$$

где  $h_i$  - высота пика определяемой примеси, мм;

$h_{\text{эт}}$  - высота пика "внутреннего эталона", мм;

$K_i$  - коэффициент чувствительности определяемой примеси;

$X_{\text{эт}}$  - массовая доля "внутреннего эталона", %.

Массовую долю суммы примесей в процентах вычисляют по формуле

$$X_2 = \sum X_i,$$

где  $X_i$  - массовая доля каждой примеси, %.

За результат анализа принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, относительное расхождение между которыми не превышает 15% [11].

### **Анализ полимера.**

Спектроскопия ядерного магнитного резонанса.

Метод ЯМР основан на способности полимеров, помещенных во внешнее магнитное поле, поглощать электромагнитное излучение в области радиочастот (1.....500 МГц). В этом случае поглощение является функцией магнитных свойств атомных ядер, входящих в макромолекулу. В ЯМР активны, т.е. проявляются те объекты, которые содержат магнитные ядра, например,  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^{19}\text{F}$ ,  $^{14}\text{N}$ ,  $^{31}\text{P}$  и др. Спектр ЯМР представляет собой зависимость интенсивности электромагнитного излучения от частоты (Гц). Смещение сигналов ЯМР под влиянием различного электронного окружения называется химическим сдвигом, который пропорционален электромагнитному полю и измеряется по отношению к сигналу эталонного вещества, который имеет сигнал в более сильном поле, чем большинство протонов [10].

Этот метод очень широко используется в химии полимеров, поскольку с помощью него можно решать многие задачи: исследование процессов сшивания; определение тактичности в полимерах и сополимерах; изучение молекулярных взаимодействий в полимерных растворах; диффузии в полимерных пленках; совместимости полимеров и полимерных смесей; изучение конфигурации и конформации полимерных цепей; установление различий между блок-сополимерами, чередующимися полимерами и полимерными смесями, определение структуры полимера [10].

Для определения структуры полимеров используют значение химического сдвига между пиками и значение констант сверхтонкого расщепления, определяющих структуру самого пика поглощения. Различным

группировкам соответствует определенное значение химического сдвига, что определяется электронным экранированием ядер. Эти характеристики свидетельствуют об окружении данной группировки. Для анализа структуры полимера необходимо: - рассчитать химический сдвиг каждой группы и соотнести каждую из полученных групп пиков к соединениям или группировкам (как правило, используя таблицы химических сдвигов; - определить какое спин-спиновое взаимодействие приводит к сверхтонкому расщеплению каждого из пиков; - предположив структурную формулу звена макромолекулы, необходимо рассчитать интенсивность пиков и определить отношение количеств протонов в группах. Например, если общее количество протонов известно (из элементного анализа), можно определить количество протонов в каждой группе, что окончательно поможет установить структуру вещества.

Основными достоинствами метода ЯМР является сравнительная простота и возможность проводить абсолютные количественные определения (без калибровки), к ограничению следует отнести условие достаточной растворимости полимера (раствор не менее 3-5 %)

### **Метод ИК – спектроскопии.**

Этот метод в значительной степени может дополнить ЯМР-спектральные исследования. В настоящее время имеются автоматизированные системы поиска, с помощью которых можно идентифицировать любое соединение, если оно было известно ранее. Но, к сожалению, основные задачи, решаемые в химии высокомолекулярных соединений, связаны с синтезом и изучением свойств полимеров, строение которых ранее не изучалось.

Поглощение в ИК-области любого вещества обусловлено колебаниями атомов, которые связаны с изменением межатомных расстояний (валентные колебания) и углов между связями (деформационные колебания). ИК-спектр является тонкой характеристикой вещества. Для идентификации полимеров



необходимо снять спектр полимера (в виде пленки, в таблетках с KBr, в виде раствора) на ИК-спектрометре в виде зависимости относительной интенсивности проходящего света, а следовательно, и поглощаемого света от длины волны или волнового числа. Спектр полимера должен быть хорошо разрешимым. При идентификации полимерных материалов, как правило, сначала анализируют наличие полос поглощения в области валентных колебаний двойной связи ( $3000$  и  $1680\dots1640$   $\text{см}^{-1}$ ) и области деформационных колебаний этих связей ( $990\dots660$   $\text{см}^{-1}$ ). Если они есть в ИК-спектре, то полимер можно отнести к классу ненасыщенных полимеров. Далее, используя таблицы характеристических частот, делают полное отнесение других полос поглощения к определенным атомным группировкам, составляющим звено макромолекулы. Интерпретацию спектра осложняет тот факт, что полосы поглощения различных групп могут перекрываться, или смещаться в результате ряда факторов. С помощью метода ИК-спектроскопии можно также определить и изучить межмолекулярные и внутримолекулярные водородные связи, т.к. их образование приводит: - к сдвигу полосы в сторону меньших частот; - уширению и увеличению интенсивности полосы, отвечающей валентному колебанию группы, участвующей в образовании водородных связей. Для изучения водородных связей обычно снимают спектры полимеров при нескольких концентрациях в неполярном растворителе [10]

### **Определение молекулярной массы (вискозиметрический метод).**

Вискозиметрический метод — наиболее простой и доступный метод определения молекулярной массы полимеров в широкой области значений молекулярных масс. Этот метод является косвенным и требует определения констант в уравнении, выражающем зависимость вязкости от молекулярных весов. Для определения вязкости раствора полимера измеряют время истечения, равных объемов растворителя и раствора через капилляр вискозиметра при заданной постоянной температуре. Концентрацию

раствора (С) обычно выражают в граммах на 100 мл растворителя; для измерения вязкости используют растворы с концентрацией менее 1 г/100 мл [12].

### Вискозиметры

Наибольшее распространение для определения вязкости растворов полимеров получили капиллярные вискозиметры Оствальда и Уббелоде. Вискозиметры Оствальда применяют для определения вязкости при одной концентрации. Если необходимо установить значение вязкости при различных концентрациях (с разбавлением исходного раствора), измерения удобнее проводить в вискозиметре Уббелоде. Введение третьей трубки прерывает поток раствора в конце капилляра (создается так называемый «подвесной» уровень), поэтому время истечения жидкости не зависит от уровня раствора в резервуаре. При использовании вискозиметра Оствальда необходимо заливать в вискозиметр одинаковые количества раствора (или растворителя), чтобы уровень его в шарике был всегда один и тот же. В случае применения вискозиметра Уббелоде это условие необязательно, поэтому разбавление раствора можно проводить в самом вискозиметре [12].

#### 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

##### **Введение**

Полиметилметакрилат представляет собой органическое стекло, с светопропусканием 92%. Главные области применения полиметилметакрилата оцениваются его главным качеством – высоким светопропусканием. Полиметилметакрилат используется в авиа-, машиностроении, медицине, светотехнике. Гранулированный полиметилметакрилат, полученный суспензионным способом, перерабатывают экструзией в профилированные изделия, а литьем под давлением – в призмы, очки, линзы и другие элементы оптики. Также из полиметилметакрилата льют фонари, канцелярские принадлежности, упаковки CD-дисков и других осветительных приборов.

Отметим, что спрос на полиметилметакрилат будет увеличиваться год от года из-за быстро развивающейся авиа- и машиностроении и на другие отрасли промышленности.

##### **Анализ конкурентных технических решений**

При ведении собственного производства необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

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

Где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

В таблице 20 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства полиметилметакрилата

Таблица 20 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{k1}$	$B_{k2}$	$K_{\phi}$	$K_{k1}$	$K_{k2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии обогащаемого материала</b>							
1. Выход продукта	0,3	5	4	4	1,5	1,2	1,2
2. Энергоемкость процессов	0,3	4	4	4	1,2	1,2	1,2
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
3. Цена	0,2	5	4	4	1,0	0,6	0,6
4. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
5. Финансирование научной разработки	0,1	2	5	5	0,2	0,5	0,5
<b>Итого:</b>	<b>1</b>				<b>4,3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

$B_{\phi}$  – продукт проведенной работы;

$B_{k1}$  – «ООО ДЕСТЕК»;

$B_{k2}$  – «ОАО Дзержинское оргстекло».

## 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 табл.

Таблица 21 – Первый этап SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Экологичность технологии С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С3. Использование отходов производств в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии)	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца
<b>Возможности:</b> В1. Повышение стоимости конкурентных разработок		
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования У3. Развитая конкуренция технологий производства		

Таблица 22 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		С1	С2	С3
	В1	+	+	+

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

Слабые стороны проекта		
Возможности проекта		Сл1
	В1	-

Таблица 24 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта				
Угрозы		С1	С2	С3
	У1	+	-	+
	У2	-	-	+
	У3	+	-	+

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

Слабые стороны проекта		
Угрозы		Сл1
	У1	+
	У2	+
	У3	-

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (табл. 26).

Таблица 26 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Экологичность технологии С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями С3. Использование отходов производств в качестве сырья (ресурсоэффективность технологии)	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца
<b>Возможности:</b> В1. Повышение стоимости конкурентных разработок	Разработка технологии полиметилметакрилата блочным способом	По причине большого срока поставок необходимых для исследований материалов возможно отставание от конкурентов с последующим падением спроса на продукцию
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования У3. Развитая конкуренция технологий производства	Экологичность выбранной технологии, а также использование отходов в качестве сырья вполне способны ослабить влияние перечисленных угроз.	При задержках в поставках используемых материалов и одновременном развитии конкуренции технологии обогащения есть риски потери занятой ниши рынка. При добавлении к этому несвоевременного финансово-вого обеспечения угроза потери рынка значительно возрастает

## Планирование научно-исследовательских работ

### 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 (табл. 27)

Таблица 27 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр,
	4	Патентный обзор литературы	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр

Теоретические исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	8	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка технологии полимеризации метилметакрилата	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

### Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Таблица 28

*Морфологическая матрица для методов получения полиметилметакрилата*

	1	2	3
А. Мономер	Метилметакрилат	Метилметакрилат	Метилметакрилат
Б. Инициатор	Перекись бензоила	Персульфат калия	Персульфат натрия
В. Регулятор	Бутилмеркаптан	Лаурилмеркаптан	Без регулятора

### 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  $t_{ож\ i}$  используется формула (4):

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5}, \quad (4)$$

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

$t_{\min\ i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной

$i$  – ой работы, чел. – дн.;



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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (5)$$

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

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

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

Результаты расчетов занесены в табл. 29

Таблица 29 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работ	Трудоемкость работ									Исполнители	Т <sub>p</sub> , раб. дн.			Т <sub>p</sub> , кал. дн.		
		t <sub>min</sub> , чел-дн.			t <sub>max</sub> , чел-дн.			t <sub>ож</sub> , 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	1	1	1	0,6	0,6	0,6	Р	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2
		0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	Б	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2
		0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	К <sup>1</sup>	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2
		0,3	0,3	0,3	1	1	1	0,6	0,6	0,6	К <sup>2</sup>	0,15	0,15	0,15	0,2	0,2	0,2
2	Выбор направлений исследований	0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Р	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
		0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Б	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
3	Подбор и изучение материалов	6	6	6	12	12	12	8,4	8,4	8,4	Р	4,2	4,2	4,2	5	5	5
		6	6	6	12	12	12	8,4	8,4	8,4	Б	4,2	4,2	4,2	5	5	5
4	Литературный обзор	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	8,2	8,2	8,2	9,7	9,7	9,7

5	Календарное планирование работ по теме	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
		1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Б	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	5	5	5	10	10	10	7	7	7	Б	7	7	7	8,3	8,3	8,3
7	Оценка эффективности результатов	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Р	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4
		5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Б	2,9	2,9	2,9	3,4	3,4	3,4
8	Определение целесообразности проведения ВКР	6	6	6	7	7	7	6,4	6,4	6,4	Р	3,2	3,2	3,2	3,8	3,8	3,8
		6	6	6	7	7	7	6,4	6,4	6,4	Б	3,2	3,2	3,2	3,8	3,8	3,8
9	Разработка технологии полимеризации метилметакрилата	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Б	2,4	2,4	2,4	2,8	2,8	2,8
10	Оценка эффективности производства	7	7	7	10	10	10	7,6	7,6	7,6	Б	4,1	4,1	4,1	4,8	4,8	4,8
		7	7	7	10	10	10	7,6	7,6	7,6	К <sup>1</sup>	4,1	4,1	4,1	4,8	4,8	4,8
11	Разработка СО	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	4,1	4,1	4,1	4,8	4,8	4,8
		7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	К <sup>2</sup>	4,1	4,1	4,1	4,8	4,8	4,8
12	Составление пояснительной записки	10	10	10	15	15	15	12	12	12	Б	12	12	12	14,2	14,2	14,2

Р – руководитель

Б – бакалавр

К<sup>1</sup> – консультант по экономической части

К<sup>2</sup> – консультант по социальной ответственности

### Разработка графика проведения научного исследования

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

Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Данный график строится на основе табл. 16.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться формулой (6):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (6)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$  – й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$  – й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле (7):

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (7)$$

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

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

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

Таким образом:

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

Таблица 30 – Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	$T_{кi}$ , дней	Продолжительность выполнения работ															
			февраль		март			апрель			май							
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	0,2	■															
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,6	■	■														
Подбор и изучение материалов	Руководитель, бакалавр	5		■	■													
Патентный обзор литературы	Бакалавр	9,7			■	■	■	■										
Календарное планирование работ	Руководитель, бакалавр	0,8					■	■										
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	8,3					■	■	■									
Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, бакалавр	1,4 3,4								■	■							

Продолжение таблицы 31

Вид работы	Исполнители	$T_{кл.}$ дней	Продолжительность выполнения работ												
			февраль		март			апрель			май				
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, бакалавр	3,8							■						
Разработка технологии полимеризации метилметакрилата	Бакалавр	2,8							■						
Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант ЭЧ	4,8								■					
Разработка социальной ответственности	Бакалавр, консультант СО	4,8									■				
Составление пояснительной записки	Бакалавр	14											■	■	■

Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
■	■	■	■

## **Бюджет научно-технического исследования (НТИ)**

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

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

### **Расчет материальных затрат НТИ**

Для выполнения данной ВКР требуются материальные затраты на:

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

Материальные затраты данного НТИ представлены в табл. 32.

Таблицы 32 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Метилметакрилат	кг	13300	13300	13300	150	150	150	1995000	1995000	1995000
Перекись бензоила	кг	4	0	0	200	0	0	800	0	0
Персульфат калия	кг	0	4	0	0	200	0	0	800	0
Персульфат натрия	кг	0	0	4	0	0	200	0	0	800
Бутилмеркаптан	кг	4	0	0	130	0	0	520	0	0
Лаурилмеркаптан	кг	0	4	0	0	130	0	0	520	0
<b>Итого:</b>								<b>1996320</b>	<b>1996320</b>	<b>1995000</b>

## Расчет затрат на оборудование для научно-экспериментальных работ

Таблица 33

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений, руб.
1.	Реактор	1	800000	53333
2.	Смеситель	2	550000	36666
3.	Центрифуга	2	64700	12940
4.	Сушилка	1	350000	35000
65	Фильтр	1	800000	53333
<b>Итого</b>			<b>3179400</b>	<b>191272</b>

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{год} = \frac{C_{перв}}{T_{ни}}, \quad (8)$$

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

$T_{ми}$  – время полезного использования, год.

Результаты расчетов приведены в табл.18.

### **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:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} , \quad (13)$$

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:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p , \quad (14)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_\delta} , \quad (15)$$

где  $Z_m$  –месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_\delta$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб.дн.

В табл. 19 приведен баланс рабочего времени каждого работника НИИ.



Таблица 34–Баланс рабочего времени

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p, \quad (16)$$

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

$k_{np}$  – 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 табл.20.

Таблица 35– Расчет основной заработной платы

Категория	$Z_{мс}$ , руб.	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель							
ППСЗ	12067,25	0,35	1,3	25884,25	1206,725	11,8	14239,35
Бакалавр							
ППС1	8600,25	0,35	1,3	18447,53	860,035	58,2	50053,45
Консультант ЭЧ							
ППСЗ	20080,9	0,35	1,3	43073,5	2008,09	5	10040,45
Консультант СО							
ППСЗ	20080,9	0,35	1,3	43073,5	2008,09	5	10040,45

Общая заработная исполнителей работы представлена в табл. 21.

Таблица 36 – Общая заработная плата исполнителей

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

### 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 (17):

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (17)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона 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 табл. 22.

Таблица 37 – Отчисления во внебюджетные фонды

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

### 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:

$$Z_{накл} = k_{нр} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4), \quad (18)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов  $k_{нр}$  допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 5302343,84руб.

## 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 табл.38.

Таблица 38 – Расчет бюджета затрат НТИ

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

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

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

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

*Интегральный финансовый показатель* разработки определяется как:

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

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

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

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

Таблица 39

*Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта*

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

Таблица 40

*Сравнительная эффективность разработки*

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

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

## **5.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **Производственная безопасность**

Производственная безопасность сводится к защите человека и окружающей среды от негативного влияния производства.

Охрана труда - система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Основная цель охраны труда свести к минимуму поражения человека на рабочем месте и увеличении производительности труда.

### **Анализ выявленных вредных факторов производства**

Вредный производственный фактор - производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

Основными факторами, характеризующие вредный производственный фактор на производстве, при производстве полиметилметакрилата является не герметичность аппаратов и трубопроводов. Вследствие чего превышение содержания вредных веществ в воздухе может привести к чрезвычайному происшествию.

Метилметакрилат(эфир метакриловой кислоты) — представляет собой бесцветную жидкость, с резким неприятным эфирным запахом. Пары эфира с воздухом образуют взрывоопасные смеси (категория взрывоопасной смеси I, группа Б). Область воспламенения паров в воздухе 1,5-11,6% (по объему). Температурные пределы воспламенения паров в воздухе: нижний 2 °С, верхний 43 °С.

Метилметакрилат может вызывать острое профессиональное отравление и хроническую профессиональную интоксикацию. Предельно допустимая концентрация (ПДК) паров метилметакрилата в воздухе рабочей зоны составляет 10 мг/м<sup>3</sup>.

Перекись бензоила — перекись бензоила в сухом виде представляет нестойкое вещество, разлагается со взрывом при ударе, трении, нагревании, температура воспламенения 144<sup>0</sup>С.

Перекись бензоила легко воспламеняется и горит с большой скоростью, а в больших массах горит со взрывом. Является окислителем и воспламеняется при контакте с другими легко воспламеняющимися веществами и минеральными кислотами. Перекись бензоила по степени воздействия на организм человека относится к 3-му классу опасности. Вызывает ожоги кожи и слизистых оболочек, ПДК 5 мг/м<sup>3</sup>.

Бутилмеркатан(1-бутантиол)— является жидкостью с отвратительным запахом, с температурой кипения 98<sup>0</sup>С. При остром отравлении наблюдается головная боль, тошнота, расстройство зрения, кома. Предельная допустимая концентрация 1,5 мг/м<sup>3</sup>.

Полиметилметакрилат(ПММА)— органическое стекло, продукт полимеризации метилметакрилата, температура плавления 160<sup>0</sup> С Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест 0,1 мг/м<sup>3</sup>.

### **Коллективные и индивидуальные средства**

В работе учитывается защиты персонала от вредных факторов производства, а именно

- все оборудование и трубопроводы герметизированы;
- управление всем процессом ведется с пульта из ЦПУ;
- нагретые поверхности оборудования покрываются теплоизоляцией;
- для промывки кожи работающих от контакта с перекисями в инициаторных станциях устанавливаются аварийный душ и раковина самопомощи.
- с целью защиты работающих от воздействия паров вредных химических веществ все производственные помещения оснащаются



приточно-вытяжной вентиляцией.

- для удаления паров, газов вредных веществ и дыма во время аварии в помещениях устанавливается аварийная вентиляция.

- для защиты головы от травм все работники имеют каски.

- для защиты органов слуха применяются звукоизолирующие кабины, наушники, вкладыши, противошумные шлемы.

- для защиты органов дыхания от вредного воздействия веществ применяется противогазы типа ПШ-1, ПШ-2.

### **Производственное освещение**

Производственное освещение представляет собой важный фактор в деятельности предприятия.

Освещение делится на искусственное, естественное и комбинированное.

Искусственное освещение применяется в помещениях без естественного освещения или в темное время суток. По конструктивному исполнению оно подразделяется на общее (равномерное или локализованное) и комбинированное. Одно местное освещение в производственных помещениях не допускается.

Выбор искусственных источников света производят в зависимости от характера зрительной работы и цветоразличению.

По СанПиН 2.2.2.542-96 искусственное освещение в помещениях эксплуатации ВДТ и ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-общественных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, допускается применение системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

По СанПиН 2.2.2.542-96 освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов. Местное освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана и увеличивать освещенность экрана более 300 лк.

Для искусственного освещения следует использовать энергоэкономичные источники света, отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшей световой отдачей и сроком службы.

Применение ламп накаливания общего назначения для освещения ограничивается Федеральным законом от 23 ноября 2009 года N 261-ФЗ. С 01 января 2011 года не допускается применение для освещения ламп накаливания общего назначения мощностью 100 Вт и более.

В основном на производстве используются люминесцентные лампы, должны применяться для общего освещения помещений с работами I-IV разрядов, а также в общественных и административных зданиях.

### **Защита от шума и вибраций**

В моем проекте производства полиметилметакрилата, шум в основном будет создавать двигатели вентиляций, мешалок и центрифуги.

Для уменьшения вибрации осуществляем, совершенство конструкций.

- отдельные фундаменты разделены воздушным промежутком;
- трубопроводы не имеют жесткого крепления с устройствами создающими вибрацию,
- соединения трубопроводов и запирающей арматуры, вентиляций разделённые прокладками;
- применение устройств для гашения пульсаций и вибраций.
- в качестве индивидуальной защиты использовать вибропоглощающую обувь
- в качестве индивидуальных средства защиты от шума использовать

противошумные наушники, вкладыши, шлемы и каски, противошумные костюмы, беруши.

- для коллективных средств защиты используют звукопоглощающие материалы, звукоизолирующие кожухи и звукоизолированные кабины.

Допустимый уровень шума регламентируются – ГОСТ 12.1.003 – 83.

"Шум общие требования безопасности"

Допустимый уровень вибрации регламентируется ГОСТ 12.1.012-90

"Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования".

### **Анализ опасных факторов**

Опасный производственный фактор - производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

### **Термические опасности**

Для защиты персонала от нагретых частей производства предусматриваются средства коллективной защиты (СКЗ) и средства индивидуальной защиты (СИЗ).

Основные мероприятия направленные на защиту персонала: обеспечение недоступности нагретых поверхностей, теплоизоляция рабочих поверхностей источников излучения теплоты, экранирование источников или рабочих мест.

Средства защиты от термического воздействия должны обеспечивать тепловую облучённость на рабочих местах не более  $0,35 \text{ кВт/м}^2$ , температуру поверхности оборудования не более  $35 \text{ }^\circ\text{C}$  при температуре внутри источника теплоты до  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $45 \text{ }^\circ\text{C}$  при температуре внутри источника теплоты более  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

В качестве средств индивидуальной защиты применяется теплозащитная одежда из хлопчатобумажных, льняных тканей, грубодисперсного сукна. Для защиты от инфракрасного излучения высоких

уровней используют отражающие ткани, на поверхности которых нанесен тонкий слой металла. Для работы в экстремальных условиях (тушение пожаров и др.) используются костюмы с повышенными теплозащитными свойствами.

### **Пожаровзрывобезопасность**

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории:

- 1) повышенная взрывопожароопасность (А);
- 2) взрывопожароопасность (Б);
- 3) пожароопасность (В1 - В4);
- 4) умеренная пожароопасность (Г);
- 5) пониженная пожароопасность (Д).

Служебные, складские, вспомогательные здания и складские помещения и прилегающая территория должна содержаться в чистоте.

Все служебные, складские, вспомогательные здания и складские помещения производственные помещения должны обеспечиваться первичными средствами пожаротушения (огнетушители, асбестовые полотнища, песок) в соответствии с «Правилами пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности».

В других помещениях предусматриваются тушение пожара с помощью противопожарного гидранта.

Обеспечение систем пожаротушения пеной и водой производится из насосной пожаротушения и запас воды в резервуарах.

## **Электробезопасность**

Электробезопасность на предприятии регулируется по ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

На производстве большинство строений и оборудований состоят из железных конструкций, для предотвращения чрезвычайных происшествий ,выполняем ряд мероприятий, а именно:

-прямых ударов молний, корпуса аппаратов, установок и трубопроводов обеспечиваются молнеприемниками.

-от статической индукции и электричества осуществляется путем заземления.

## **Экологическая безопасность Выбросы в атмосферу**

Промышленность пластмасс отличается большим разнообразием токсогенов, загрязняющих воздушный бассейн. Трудно даже перечислить все виды токсогенов, выделяемых предприятиями промышленности пластических масс. Чаще всего выбросы в атмосферу в производствах пластмасс представляют собой непредельные соединения. Различны и объемы выбросов вредных веществ в атмосферу.

В процессе производства полиметилметакрилата возможны выбросы в атмосферу продуктов реакции, из-за не герметичности системы.

Также возможны вентиляционные утечки – загрязненный углеводородами воздух производственных помещений, удаляемый посредством общеобменной вентиляции.

Уменьшение количества выбросов достигается путем автоматизированного контроля за производством, правильного ведения технологического процесса и сигнализирующих приборов, следящих за ПДК в воздухе.

## **Сточные воды**

При полимеризации метилметакрилата суспензионным способом, полимеризация проходит в водной фазе чему обусловлено большое количество воды. После фильтрования и центрифугирования выделяется много маточного раствора с присутствием в нем не прореагировавших продуктов реакции. Этот маточный раствор идет на коагуляцию в коагулятор и аппарат для ионной очистки воды.

Так же для промывки полимера от не прореагировавших продуктов реакции используется обильная промывка водой. Также как и маточный раствор идет на коагуляцию и обессоливание.

При полимеризации метилметакрилата аварийные сбросы вод не предусмотрены, а для хранения обессоленной воды используются сборники.

## **Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

К наиболее частым и типичным авариям на предприятиях, классифицируемым как техногенные ЧС, относятся пожары, взрывы ёмкостей с горючими газами или жидкостями, разрушение и взрывы технологического оборудования, обрушение строительных конструкций, прорывы трубопроводов с газом, нефтью, ХОВ и другими продуктами, разрушение гидротехнических сооружений.

Важнейшими профилактическими мероприятиями являются:

- правильный выбор электрооборудования и способов его монтажа с учетом пожароопасности окружающей среды, систематический контроль исправности защитных устройств и аппаратов на электрооборудовании, постоянный надзор за эксплуатацией электроустановок и электросетей силами электротехнического персонала;
- предупреждение перегрева трущихся деталей и механизмов благодаря своевременной и качественной смазке, контролю за их температурой;
- оборудование эффективной вентиляции, исключающей возможность образования в помещении взрывоопасной смеси, и обеспечение нормальной работы вентиляции в окрасочных и сушильных камерах и других аппаратах;

- создание условий, обеспечивающих пожарную безопасность при работе с нагретыми до высокой температуры изделиями и расплавленным металлом, при сварочных и других огневых работах;
- изоляция огнедействующих производственных установок и отопительных приборов от сгораемых, конструкций и материалов, а также соблюдение режима их эксплуатации;
- надежная герметизация производственного оборудования и трубопроводов с огнеопасными веществами и немедленное устранение неисправностей при выявлении их утечек в окружающую среду;
- запрещение хранения, транспортировки и содержания на рабочих местах огнеопасных жидкостей и растворов в открытых ведрах, банках, баках и т. п. и в количествах, превышающих сменную потребность;
- изоляция самовозгорающихся веществ от других материалов и веществ, соблюдение правил безопасного их хранения и систематическое контролирование состояния этих веществ;
- предупреждение появления искровых разрядов статического электричества при обработке материалов или использовании жидкостей, склонных к электризации;
- своевременное удаление промасленных обтирочных материалов (ветоши) и огнеопасных производственных отходов в специально отведенные для этого места;
- разъяснительная работа среди работающих по соблюдению правил и норм пожарной безопасности;
- запрещение курения и разведения огня в пожароопасных и взрывоопасных помещениях.

В случае возникновения пожара на территории предприятия действия всех работников должны быть направлены на немедленное сообщение о нем в пожарную охрану, обеспечение безопасности людей и их эвакуации, а также тушение возникшего пожара. Для оповещения людей о пожаре должны использоваться тревожные или звуковые сигналы.

Каждый работник, обнаруживший пожар обязан:

- немедленно сообщить об этом по телефону «01» в пожарную охрану;
- дать сигнал тревоги добровольной пожарной дружине, сообщить руководителю (генеральному директору, начальнику цеха, заведующей магазином и т.п.) или его заместителю о пожаре;
- принять меры по организации эвакуации людей (эвакуацию начинать из помещения, где возник пожар, а также из помещений, которым угрожает опасность распространения огня и дыма;
- одновременно с эвакуацией людей, приступить к тушению пожара своими силами и имеющимися средствами пожаротушения (огнетушители, вода, песок и т.п.).
- в случае угрозы жизни людей организовать их спасение;
- при необходимости отключить электроэнергию, остановить работу транспортирующих устройств и агрегатов, выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению развития пожара и задымления помещений здания;
- прекратить все работы в здании, кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара;
- удалить за пределы опасной зоны всех посетителей и работников, не участвующих в тушении пожара;
- обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, участвующими в тушении пожара, от возможных обрушений конструкций, поражения электрическим током, отравления дымом, ожогов;
- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей.

## **Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Статья 7 РФ



1. Российская Федерация - социальное государство, политика которого направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека.

2. В Российской Федерации охраняются труд и здоровье людей, устанавливается гарантированный минимальный размер оплаты труда, обеспечивается государственная поддержка семьи, материнства, отцовства и детства, инвалидов и пожилых граждан, развивается система социальных служб, устанавливаются государственные пенсии, пособия и иные гарантии социальной защиты.

#### Статья 37 РФ

3. Каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на вознаграждение за труд без какой бы то ни было дискриминации и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда, а также право на защиту от безработицы.

Каждый работник, если он занят на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными условиями труда, имеет право на компенсации, установленные в соответствии с Трудовым кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором.

Работникам, которые заняты на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда, полагаются следующие компенсации:

- сокращенная продолжительность рабочего времени;
- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск;
- повышение оплаты труда.

При этом сокращенная продолжительность рабочего времени должна составлять не более 36 часов в неделю, дополнительный отпуск — не менее семи календарных дней, а повышение оплаты труда — не менее четырех

процентов тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Согласно ГОСТ 12.2.033-78:

1 Конструкция, взаимное расположение элементов рабочего места (органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

2 Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

Согласно ГОСТ 12.2.032-78:

1 Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации ит.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

2 Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.