

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

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Анализ эффективности жидкофазных огнетушащих составов</b>

УДК 614.844.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E32	Рахматов Азиз Раджабович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		

**Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01  
Техносферная безопасность**

<b>Код результата</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>	<b>Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон</b>
<b>Общие по направлению подготовки</b>		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, 2, ОПК-2). CDIO Syllabus (2.4, 4.1, 4.2.7, 4.7). Критерий 5 АИОР (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-1). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, 5, 6, 7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 3.1, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ОПК-4). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-1, ПК-5). CDIO Syllabus (1.1, 2.1). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
<b>Профиль</b>		
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателя, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5, 3.1) Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-16, ПК-17). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8), требованиями проф. стандартов 40.056 «Специалист по противопожарной профилактике», 40.054 «Специалист в области охраны труда»
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

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

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ А.Н. Вторушина  
05.02.2018 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-1Е32	Рахматову Азизу Раджабовичу

Тема работы:

**Тактика тушения пожара в издательской организации**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

29.01.2018 г. № 436/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

22.05.2018 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Жидкофазные огнетушащие составы на основе воды, пенообразователи общего и целевого назначения с температурой застывания не выше -3-10°C.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Изучить и проклассифицировать огнетушащие вещества;</li><li>2. Изучить жидкофазные огнетушащие составы;</li><li>3. Провести сравнительный анализ жидкофазных огнетушащих составов по эффективности;</li><li>4. Рассмотреть современные тенденции в применении огнетушащих составов.</li></ol>

<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	График зависимости тепловыделения и теплоотвода от температуры.
---	---

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>
--

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын Владислав Владимирович
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	05.02.2018 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		05.02.2018 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Е32	Рахматов Азиз Раджабович		05.02.2018 г.

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки (специальность) 20.03.01 «Техносферная безопасность»  
 Уровень образования Бакалавриат  
 Отделение контроля и диагностики  
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2018 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.03.2018 г.	Составление и утверждение технического задания на тему. Постановка целей и задач.	20
26.03.2018 г.	Аналитический обзор литературных источников с целью изучить жидкофазные огнетушащие составы на основе воды	10
09.04.2018 г.	Проведение сравнительного анализа жидкофазных огнетушащих составов по эффективности	25
23.04.2018 г.	Изучение современных тенденций в применении огнетушащих составов	15
07.05.2018 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
21.05.2018 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		05.02.2018

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		05.02.2018

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1E32	Рахматов Азиз Раджабович

<b>Институт</b>	<b>ИНК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭБЖ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Техносферная безопасность

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Человеческие ресурсы–2 чел.
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
2. <i>Использованная система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. <i>Определение планирования научно-исследовательских работ</i>	<i>Перечень этапов, работ и распределение исполнителей</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета</i>
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Перечень этапов, работ и распределение исполнителей</i></li> <li>2. <i>Временные показатели проведения научного исследования</i></li> <li>3. <i>График проведения НИ</i></li> <li>4. <i>Материальные затраты</i></li> <li>5. <i>Расчет основной заработной платы</i></li> <li>6. <i>Отчисления во внебюджетные фонды</i></li> <li>7. <i>Бюджет НИИ</i></li> </ol>	

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Спицын Владислав Владимирович			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-1E32	Рахматов Азиз Раджабович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-1E32	Рахматову Азизу Раджабовичу

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Контроля и диагностики</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	20.03.01 Техносферная безопасность

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Составы огнетушащих средств на предприятии по производству огнетушителей
---	--

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

<b>1. Производственная безопасность</b>	<p>К опасным производственным факторам относится:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> </ul> <p>Вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• повышенная или пониженная влажность воздуха;</li> <li>• повышенный уровень шума;</li> <li>• недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>• вредные вещества</li> </ul>
<b>2. Экологическая безопасность:</b>	Влияние компьютера на окружающую среду.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Пожарная безопасность
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b>	<p>- Федеральный закон Российской Федерации от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (в ред. Федерального закона от 19.05.2010 N 91-ФЗ);</p> <p>- Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 1997г. №116-ФЗ. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».</p>

	- Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2001 №197-ФЗ «Трудовой кодекс Российской Федерации» (ред. от 05.02.2018)
--	---

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E32	Рахматов Азиз Раджабович		



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 83 с., содержит 6 рисунков, 21 таблицу, имеет 25 источников, список публикаций.

**Ключевые слова:** огнетушащий состав, горение, вода, эффективность, пенообразователи, пены, пожар.

**Объектом исследования являются:** жидкофазные огнетушащие составы.

**Цель работы:** проведение анализа эффективности использования жидкофазных огнетушащих составов.

**В процессе исследования был проведен** анализ эффективности жидкофазных огнетушащих составов.

**В результате исследования были изучены** и проклассифицированы огнетушащие вещества, изучены жидкофазные огнетушащие составы, проведен сравнительный анализ жидкофазных огнетушащих составов по эффективности, а также рассмотрены современные тенденции в применении огнетушащих составов.

В дальнейшем данная тема исследования представляет интерес, т.к. посвящена актуальной проблеме – борьба с негативными последствиями пожара.

## Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.3.046-91 Система стандартов безопасности труда. Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования.
2. ГОСТ 28130-89 Пожарная техника. Огнетушители, установки пожаротушения и пожарной сигнализации. Обозначения условные графические.
3. ГОСТ Р 50680-94 Установки водяного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний.
4. ГОСТ Р 50800-95 Установки пенного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний.
5. ГОСТ Р 50969-96 Установки газового пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний.
6. ГОСТ Р 51043-2002 Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний.
7. ГОСТ 12962-80. Генераторы пены средней кратности. Технические условия.
8. ГОСТ 11101-73. Ствол воздушно-пенный. Технические условия.
9. ГОСТ 13815-82. Оросители пенные спринклерные и дренчерные.
10. ГОСТ 4.99-83. СПКП. Пенообразователи для тушения пожаров. Номенклатура показателей.
11. ГОСТ Р 50588-93. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний.

## Определения

В данной работе приведены следующие термины с определениями:

**Горение** – сложный физико-химический процесс превращения компонентов горючей смеси в продукты сгорания с выделением теплового излучения, света и лучистой энергии.

**Возгорание** – явление возникновения горения под действием источника зажигания.

**Воспламенение** – возгорание, сопровождающееся появлением пламени. При этом вся остальная масса горючего вещества остается относительно холодной.

**Самовозгорание** – явление резкого увеличения скорости экзотермических реакций в веществе, приводящее к возникновению горения при отсутствии источника зажигания.

**Самовоспламенение** – это самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени. В производственных условиях могут самовозгораться древесные опилки, промасленная ветошь.

**Взрыв** – быстрое химическое превращение вещества (взрывное горение), сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить механическую работу.

**Пожар** – неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, интересам общества и государства и природе.

## Сокращения

ГЖ – горючая жидкость

ОУ – огнетушитель углекислотный

ГОТВ – газовые огнетушащие вещества

ПАВ – поверхностно-активное вещество

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость

ПО – пенообразователь

ФПАВ – фторсодержащие поверхностно-активные вещества

УЗО – устройство защитного отключения

ПДК – предельно-допустимая концентрация

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	15
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	17
1.1 Изучение процесса горения.....	17
1.1.1.Классификация видов горения.....	19
1.1.2. Пожар как частный случай горения.....	20
1.2.Понятие огнетушащих средств (веществ). Основная классификация .....	21
1.2.1. Основные огнетушащие составы.....	22
1.2.2. Огнетушащие вещества охлаждения на примере твердого диоксида углерода.....	23
1.2.3. Огнетушащие вещества изоляции на примере порошковых составов.....	23
1.2. Огнетушащие вещества разбавления горючих веществ .....	25
1.2.4.1. Диоксид углерода.....	25
1.2.4.2. Азот.....	25
1.2.4.3. Водяной пар.....	26
1.2.5.Огнетушащие вещества, химически тормозящие реакцию горения .....	26
1.2.5.1. Хладоны .....	26
2. АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ ОГNETУШАЩИХ СОСТАВОВ .....	28
2.1. Жидкофазные огнетушащие вещества охлаждения.....	28
2.1.1. Вода.....	28
2.1.2. Вода со смачивателями.....	30
2.1.3.Хладоны как жидкофазное охлаждающее вещество.....	31
2.2. Жидкофазные огнетушащие вещества изоляции .....	32
2.2.1. Пены .....	32
2.2.1.1. Воздушно-механическая пена.....	33
2.2.1.2 Химическая пена .....	33
2.3. Пенообразователи .....	35
2.3.1. Пенообразователи общего назначения .....	35
2.3.2. Пенообразователи целевого назначения.....	37

2.3.3. Порядок применения пенообразователей.....	38
2.3.4. Виды пенообразователей по природе основного поверхностно-активного вещества .....	41
2.3.5. Стабилизация свойств пенообразователей и контроль качества .....	44
2.3.6. Требования безопасности и охраны окружающей среды .....	45
3. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРИМЕНЕНИИ ЖИДКОФАЗНЫХ ОГNETУШАЩИХ СОСТАВОВ ПРИ ПОЖАРОТУШЕНИИ .....	46
3.1. Огнетушащие составы на основе жидкого стекла.....	46
3.2. Перспективы применения хладонов, как химически тормозящих реакцию горения веществ, в системах пожаротушения .....	48
3.3. Новейшая инновационная разработка в технологиях пожаротушения и противопожарной безопасности VONTEL .....	50
4. Сравнительная характеристика жидкофазных огнетушащих составов по эффективности применения .....	52
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	60
5.1 Жидкофазные огнетушащие вещества охлаждения.....	60
5.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	61
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	61
5.3 Определение трудоемкости выполнения работ .....	62
5.4 Разработка графика проведения научного исследования .....	63
5.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	67
5.5.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	67
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	72
6.1 Производственная безопасность.....	72
6.2 Экологическая безопасность.....	76
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	77
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	79
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ .....	80

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... 81

## **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из наиболее актуальных проблем современности является разработка и выявление качественных методов борьбы с пожарами.

Обстановка с пожарами в Российской Федерации постоянно усложняется. Несмотря на незначительное снижение количества пожаров (в среднем на 4,2 % за 2014 год), материальный ущерб от пожаров постоянно возрастает и в течение пяти последних лет, каждый год в среднем на 23,6 %. В результате пожаров ежегодно гибнет около 19000 человек гражданского персонала, среди них 24 работника противопожарных подразделений.

Основные явления, сопровождающие пожар – это процессы горения, газо-и-теплообмена. Они изменяются во времени, пространстве и характеризуются параметрами пожара. Пожар рассматривается как открытая термодинамическая система, обменивающаяся с окружающей средой веществами и энергией.

Процесс горения на пожаре горючих веществ и материалов представляет собой быстро протекающие химические реакции окисления и физические явления, без которых горение невозможно, сопровождающиеся выделением тепла и свечением раскаленных продуктов горения с образованием ламинарного или турбулентного диффузионного пламени.

Возникновение и распространение процесса горения по веществам и материалам происходит не сразу, а постепенно. Источник горения воздействует на горючее вещество, вызывает его нагревание, при этом в большей мере нагревается поверхностный слой, происходит активация поверхности, деструкция и испарение вещества, материала вследствие термических и физических процессов, образование аэрозольных смесей, состоящих из газообразных продуктов реакции и твердых частиц исходного вещества. [15]

На этапах развития пожара необходимым параметром является своевременное обнаружение источника горения и последующее его устранение. Огнетушащие средства различных видов и назначения выполняют эти функции.

Актуальность таких средств обусловлена наличием различного рода проблем в области обеспечения пожарной безопасности – противопожарной защите при нарушениях правил устройства и эксплуатации электроустановок, короткими замыканиями в электрооборудовании, перегрузкой проводов, большими переходными сопротивлениями в местах контакта проводников, плохой подготовкой оборудования к ремонту, самовозгоранием неправильно складированных материалов, в бытовых условиях в результате неосторожного обращения с огнем.



Для успешного тушения пожара необходимо применение наиболее эффективных огнетушащих средств, вопрос о выборе которых должен быть решен практически мгновенно.

Целью моего исследования является проведение анализа эффективности использования жидкофазных огнетушащих составов. Вода является основным и легкодоступным огнетушащим веществом, в связи с этим на ее основе можно создавать различные виды огнетушащих составов.

В задачи исследования входит:

1. Изучить и проклассифицировать огнетушащие вещества.
2. Изучить жидкофазные огнетушащие составы.
3. Провести сравнительный анализ жидкофазных огнетушащих составов по эффективности.
4. Рассмотреть современные тенденции в применении огнетушащих составов.

В своей выпускной квалификационной работе я хочу провести сравнительный анализ жидкофазных огнетушащих составов с целью выявления наилучших и эффективных среди них. Также в ходе исследования будут изучены современные тенденции в применении жидкофазных огнетушащих составов.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Изучение процесса горения

Горение – сложный физико-химический процесс превращения компонентов горючей смеси в продукты сгорания с выделением теплового излучения, света и лучистой энергии. Описать природу горения можно как бурно идущее окисление.

Горение до сих пор остаётся основным источником энергии в мире и останется таковым в ближайшей обозримой перспективе. В 2010 году примерно 90 % всей энергии, производимой человечеством на Земле, добывалось сжиганием ископаемого топлива или биотоплив, и, по прогнозам Управления энергетических исследований и разработок, эта доля не упадёт ниже 80 % до 2040 года при одновременном росте энергопотребления на 56 % в период с 2010 по 2040 годы.

Особенности горения, отличающие его от прочих видов окислительно-восстановительных реакций – большой тепловой эффект реакции и большая энергия активации, приводящая к сильной зависимости скорости реакции от температуры. Реакции горения, как правило, идут по разветвлённому-цепному механизму с прогрессивным самоускорением за счёт выделяющегося в реакции тепла. [2]

Процесс возникновения горения подразделяется на несколько видов:

- Вспышка – процесс мгновенного сгорания паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, вызванный непосредственным воздействием источника воспламенения.
- Возгорание – явление возникновения горения под действием источника зажигания.
- Воспламенение – возгорание, сопровождающееся появлением пламени. При этом вся остальная масса горючего вещества остается относительно холодной.
- Самовозгорание – явление резкого увеличения скорости экзотермических реакций в веществе, приводящее к возникновению горения при отсутствии источника зажигания.
- Самовоспламенение – это самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени. В производственных условиях могут самовозгораться древесные опилки, промасленная ветошь. Самовоспламеняться может бензин, керосин.
- Взрыв – быстрое химическое превращение вещества (взрывное горение), сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить механическую работу.

Кроме того, существуют и особые виды горения: тление и холоднопламенное горение.

Ликвидация горения с физической точки зрения – это воздействие на тепловыделение и теплоотдачу. С уменьшением тепловыделения или с уменьшением теплоотдачи снижается температура и скорость реакции. При введении в зону горения огнетушащих веществ температура может достигнуть значения, при котором горение прекращается. Минимальная температура горения, ниже которой скорость теплоотвода превышает скорость тепловыделения и горение прекращается, называется температурой потухания.[14]

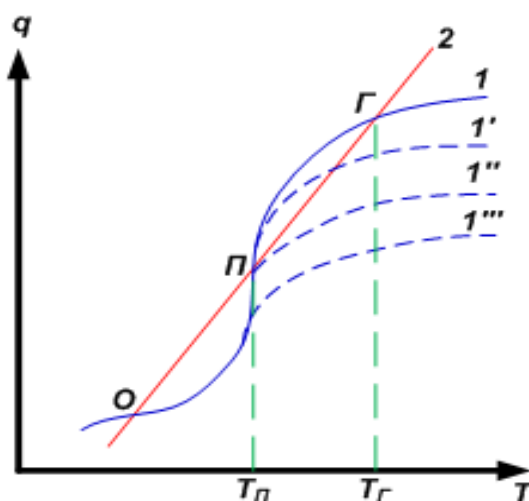


Рисунок 1 – Зависимость тепловыделения и теплоотвода от температуры

Пояснение к графику: 1 – кривая тепловыделения; 1', 1'', 1''' – кривые тепловыделения при уменьшении его скорости; 2 – прямая теплоотвода; О – начало окисления; П – точка, соответствующая температуре потухания; Г – точка, соответствующая температуре горения; Тп – температура потухания; Тг – температура горения.

В связи с уменьшением концентрации кислорода в воздухе понижается кривая 1. Если при горении тепловое равновесие установилось в точке Г (пересечение прямой теплоотвода 2 и кривой тепловыделения 1), то при уменьшении скорости тепловыделения и понижении кривой 1 эта точка сместится влево и понизится температура горения. При некоторой скорости тепловыделения прямая теплоотвода 2 в области высоких температур только коснется кривой тепловыделения 1 в точке П. При дальнейшем снижении скорости выделения теплоты прямая теплоотвода расположится выше кривой скорости тепловыделения, и процесс горения перейдет в область окисления (точка О). Следовательно, температура горения Тп является критической, т.е. температурой потухания. Таким образом снизить температуру горения и прекратить горение можно как увеличением скорости теплоотвода, так и уменьшением скорости тепловыделения.

Этого можно достигнуть:

- воздействием на поверхность горящих материалов охлаждающими огнетушащими веществами;
- созданием в зоне горения или вокруг нее негорючей газовой или паровой среды;
- созданием между зоной горения и горючим материалом или воздухом изолирующего слоя из огнетушащих веществ.

### **1.1.1. Классификация видов горения**

По скорости движения смеси горение подразделяется на медленное горение (дефлаграцию) и детонационное горение (детонацию). Волна дефлаграционного горения распространяется с дозвуковой скоростью, а нагрев исходной смеси осуществляется в основном теплопроводностью. Детонационная волна движется со сверхзвуковой скоростью, при этом химическая реакция поддерживается благодаря нагреву реагентов ударной волной и, в свою очередь, поддерживает устойчивое распространение ударной волны. Медленное горение подразделяется на ламинарное и турбулентное.

Если исходные компоненты смеси – газы, то горение называют газофазным (или гомогенным). В газофазном горении окислитель (как правило, кислород) взаимодействует с горючим. Если окислитель и горючее заранее перемешаны на молекулярном уровне, то такой режим называется горением предварительно перемешанной смеси. Если же окислитель и горючее отделены друг от друга в исходной смеси и поступают в зону горения посредством диффузии, то горение называется диффузионным.

Основными условиями горения являются (классический тетраэдр пожара):

- наличие горючего вещества;
- поступление окислителя в зону химических реакций;
- непрерывное выделение тепла, необходимого для поддержания горения;
- образующаяся взрывная реакция.

Из этого следует, что для ликвидации горения необходимо выполнить следующее (рис.2):

- прекратить доступ окислителя (кислорода воздуха) или горючего вещества в зону горения;
- снизить их поступление до величин, при которых горение не может происходить;
- охладить зону горения ниже температуры самовоспламенения или понизить температуру горящего вещества ниже температуры воспламенения;
- разбавить горючие вещества негорючими веществами.[16]

С этой целью и применяются самые разнообразные огнетушащие вещества. Правильный выбор огнетушащего средства позволит обеспечить быстрое прекращение горения, снизит опасность повторного воспламенения и уменьшит последствия своего воздействия.

Эта задача может значительно облегчиться введением классификации пожаров.

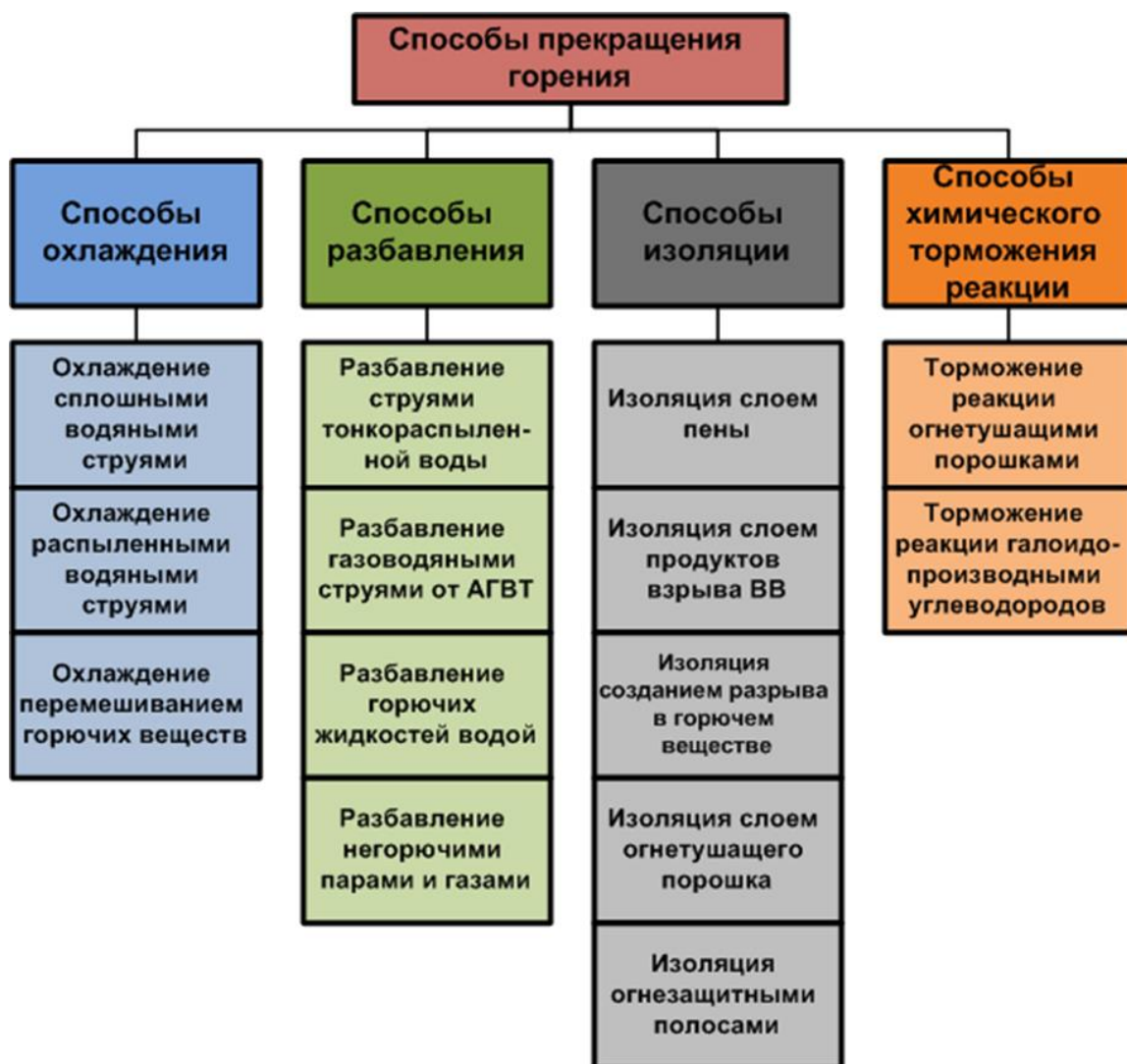


Рисунок 2 – Способы прекращения горения

### 1.1.2. Пожар как частный случай горения

Пожар – неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, интересам общества и государства и природе.

В Российской Федерации с 1 мая 2009 года основная классификация установлена ФЗ № 123 «Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности» [12]. Статья № 8 ФЗ № 123 определяет следующие классы пожаров:

- Пожары класса «А» – горение твердых горючих материалов (дерево и изделия из него, ткани, бумага, резина некоторые пластмассы и другие).
- Пожары класса «В» – горение жидких веществ их смесей и соединений (нефть и жидкие нефтепродукты, жиры, краски, растворители и другие ГЖ).
- Пожары класса «С» – горение газообразных веществ и материалов.
- Пожары класса «D» – возгорания, связанные со щелочными и подобными металлами и их соединениями при их контакте с водой.

- Пожары класса «Е» – горение, возникающее при воспламенении находящегося под напряжением электрооборудования, проводников или электроустановок.

В зависимости от класса пожара применяются конкретные виды огнетушащих веществ.

## 1.2. Понятие огнетушащих средств (веществ). Основная классификация

Под огнетушащими веществами в пожарной тактике понимаются такие вещества, которые непосредственно воздействуют на процесс горения и создают условия для его прекращения. К ним относятся вода, пены, порошки, газы, аэрозоли. Каждое огнетушащее вещество воздействует на одну или несколько граней пожарного тетраэдра.

Существуют следующие способы воздействия на пожар:

- Охлаждение – снижение температуры горючего вещества до значения ниже температуры его воспламенения. Это прямая атака на грань теплоты в пожарном тетраэдре.
- Тушение – отделение горючего вещества от кислорода. Данное действие может рассматриваться как атака на ребро пожарного тетраэдра, образованное гранями горючего вещества и кислорода.
- Снижение концентрации кислорода – снижение количества имеющегося кислорода ниже уровня, необходимого для поддержания горения (атака на грань кислорода в пожарном тетраэдре).
- Прерывание цепной реакции – прерывание химического процесса, происходящего во время пожара (грань цепной реакции в пожарном тетраэдре.)

Приведем сводную таблицу основных огнетушащих средств, применяемых для тушения пожаров и примеры этих веществ.

Таблица 1 – Основные огнетушащие вещества

Тип огнетушащего вещества	Пример вещества
Огнетушащие средства охлаждения	- вода; - раствор воды со смачивателем; - твердый диоксид углерода (углекислота в снегообразном виде); - водные растворы солей.
Огнетушащие средства изоляции	- огнетушащие пены: химическая, воздушно-механическая; - огнетушащие порошковые составы (ОПС); ПС, ПСБ-3, СИ-2, П-1А; - негорючие сыпучие вещества: песок, земля, шлаки, флюсы, графит; листовые материалы, покрывала, щиты.
Огнетушащие средства разбавления	- инертные газы: диоксид углерода, азот, аргон, дымовые газы, водяной пар, тонкораспыленная вода, газоводяные смеси, продукты взрыва взрывчатых веществ,

	летучие ингибиторы, образующиеся при разложении галоидоуглеродов.
Огнетушащие средства химического торможения реакции горения	- галоидоуглеводороды: бромистый этил, хладоны 114В2 (тетрафтордибромэтан) и 13В1 (трифторбромэтан); - составы на основе галоидоуглеводородов; 4НД; БМ, БФ-1, БФ-2; - водобромэтиловые растворы (эмульсии); - огнетушащие порошковые составы.

В связи с этим, по основному (доминирующему) признаку прекращения горения, все тушащие вещества подразделяются на:

- огнетушащие вещества охлаждающего действия (вода, твердый диоксид углерода и пр.);
- огнетушащие вещества изолирующего действия (воздушно-механическая пена различной кратности, химические пены, сыпучие негорючие материалы, порошки и пр.);
- огнетушащие вещества разбавляющего действия горючих веществ (негорючие газы, водяной пар, тонкораспыленная вода, диоксиды, азот, водяной пар и пр.);
- огнетушащие вещества, химически тормозящие реакцию горения (хладоны).

Огнетушащие вещества оказывают комбинированное воздействие на процесс горения вещества.

Быстро ликвидировать горение можно при правильном выборе средств и способов ликвидации горения. Для этого необходимо знать свойства горючих веществ и характер (вид) процесса горения; условия, при которых протекает горение; метеорологические условия; иметь в виду трудоемкость и безопасность работ личного состава по ликвидации горения и применять наиболее эффективное огнетушащее вещество.

### 1.2.1. Основные огнетушащие составы

Рассмотрим каждый вид основного огнетушащего состава более подробно.

Наиболее распространенное огнетушащее средство – вода. Вода является самым экономически-выгодным и универсальным огнетушащим средством охлаждения.

Огнетушащая пена – коллоидная система, состоящая из пузырьков газа, окруженных пленками жидкости. Образуется при добавлении к воде пенообразователей. Различают пены низкой (до 20), средней (20–200) и высокой (более 200) кратности.

Огнетушащие порошки – мелко измельченные (20–60 мкм) минеральные соли с различными добавками, обеспечивающими текучесть и препятствующими смешиваемости (комкованию). Все виды порошков быстро подавляют горение, но не обладают охлаждающим действием.

Огнетушащие газы включают инертные разбавители: диоксид углерода, азот, аргон, водяной пар, дымовые газы и летучие ингибиторы – некоторые галогенуглеводороды (хладоны).

Очень эффективный класс огнетушащих веществ объемного тушения – огнетушащие аэрозоли, получаемые при сжигании в генераторах специальных твердотопливных композиций. Состоят из твердых частиц размером менее 2 мкм и газов. Наибольшую перспективу имеют холодные аэрозоли.

### **1.2.2. Огнетушащие вещества охлаждения на примере твердого диоксида углерода**

Огнетушащие вещества охлаждения работают по следующему принципу:

1. Охлаждение горящих материалов нанесением на их поверхность огнетушащих веществ (воды, твердой углекислоты, растворов жидкостей).
2. Охлаждение горючих материалов их перемешиванием.
3. Разборка горящих материалов с последующим охлаждением их огнетушащими веществами.

Одна из их основных функций огнетушащих веществ охлаждения – снижение температуры горючего вещества до значения ниже температуры его воспламенения. Разберем огнетушащее вещество охлаждения на примере твердого диоксида углерода.

Твердый диоксид углерода – мелкая кристаллическая масса с плотностью  $\rho=1,53$  кг/м<sup>3</sup> при температуре  $-79^{\circ}\text{C}$ . Жидкий диоксид углерода в результате расширения переходит в твердое состояние и выбрасывается в виде хлопьев, похожих на снежные. Под влиянием теплоты, выделяющейся на пожаре, твердый диоксид углерода переходит в газ, минуя жидкое состояние. Это позволяет тушить им материалы, портящиеся от воздействия влаги.

Твердый диоксид углерода прекращает горение всех горючих веществ, за исключением металлического натрия и калия, магния и его сплавов. Он неэлектропроводен и не смачивает горючие вещества. Применяется для тушения электроустановок под напряжением, двигателей, а также при пожарах в архивах, музеях, библиотеках, на выставках и т.д.

### **1.2.3. Огнетушащие вещества изоляции на примере порошковых составов**

Создание между зоной горения и горючим материалом или воздухом изолирующего слоя из огнетушащих веществ и материалов – распространенный способ тушения пожаров, применяемый пожарными подразделениями. [13]

Механизм действия таких веществ состоит в следующем:

1. Создание изолирующего слоя в горючих материалах нанесением на их поверхность огнетушащих веществ (пена, войлок, песок, земля, флюсы)
2. Создание изолирующего слоя в горючих материалах при помощи взрыва ВВ.
3. Создание изолирующего слоя в проемах помещений, где происходит пожар (водяные завесы перемишки).



4. Создание изолирующего слоя в горючих материалах разборкой, сжиганием, опашкой их.
5. Срыв пламени.

В практике пожаротушения для этих целей широкое применение нашли:

- жидкие огнетушащие вещества (пена, вода и т.д.)
- газообразные огнетушащие вещества (продукты взрыва и т.д.)
- негорючие сыпучие материалы (песок, тальк, флюсы, огнетушащие порошки и т.д.)
- твердые листовые материалы (асбестовые, войлочные, брезентовые полотна, кошма, листовое железо и т.д.).

Разберем огнетушащие вещества изоляции и примере порошковых составов.

Порошковое пожаротушение – тушение пожара огнетушащим порошковым составом. В ряде случаев порошки являются единственным огнетушащим веществом, пригодным для тушения специфических типов пожаров (например, при горении щелочных металлов).

Порошки условно можно разделить на порошки общего назначения – для тушения пожаров классов А, В, С и порошки специального назначения. В России организовано производство порошков ПСБ-3 (пожары классов В, С; тушение электроустановок), ПИРАНТ-А (пожары классов А, В, С; тушение электроустановок) и ПХК (пожары классов В, С, D; тушение электроустановок). Таким образом, перекрываются все существующие классы пожаров, а выбор порошка определяется условиями защищаемого объекта. Порошки хранят в специальных упаковках, предохраняющих их от увлажнения, и подают в очаг горения сжатыми газами. Порошки нетоксичны, малоагрессивны, сравнительно дешёвы, удобны в обращении.

Они обладают рядом преимуществ перед другими огнетушащими веществами, а именно:

- высокой огнетушащей способностью, превышающей способность таких сильных ингибиторов горения, как галоидоуглеводороды;
- универсальностью применения, так как порошки подавляют горение материалов, которые невозможно тушить водой и другими веществами (например, металлы и некоторые металлосодержащие соединения);

Благодаря своим достоинствам и, прежде всего, высокой огнетушащей способности, порошки в довольно широком ассортименте используются в индустриально развитых странах.

#### **1.2.4. Огнетушащие вещества разбавления горючих веществ**

Для прекращения горения разбавлением реагирующих веществ, применяются такие огнетушащие средства, которые способны разбавить либо горючие пары и газы до

негорючих концентраций, либо снизить содержание кислорода воздуха до концентрации, не поддерживающей горения.

Приемы прекращения горения заключаются в том, что огнетушащие средства подаются либо в зону горения или в горящее вещество, либо в воздух, поступающий к зоне горения. Наибольшее распространение они нашли в стационарных установках пожаротушения для относительно замкнутых помещений (трюмы судов, сушильные камеры, испытательные боксы и покрасочные камеры на промышленных предприятиях и т. д.), а также для тушения горючих жидкостей, пролитых на земле, на небольшой площади. Кроме того, разбавление спиртов до 70 % водой – необходимое условие для успешного тушения их в резервуарах воздушно-механической пеной.

Практика показывает, что в качестве разбавляющих огнетушащих средств наибольшее распространение нашли диоксид углерода (углекислый газ), азот, водяной пар и распыленная вода.

Разберем применение огнетушащих веществ разбавления горючих веществ на примере диоксида углерода, азота и водяного пара.

#### **1.2.4.1. Диоксид углерода**

Широкое применение из газообразных разбавителей находит диоксид углерода. Его используют в стационарных установках объемного тушения, в ручных (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8) и возимых (ОУ-80) огнетушителях.

Особенностью диоксида углерода является его способность при дросселировании образовывать хлопья «снега». При поверхностном тушении «снежным» диоксидом углерода его разбавляющее действие дополняется охлаждением очага горения. Диоксид углерода нельзя применять для тушения пожаров щелочных и щелочноземельных металлов, развитых пожаров тлеющих материалов. Углекислый газ применяется для тушения пожаров электрооборудования и электроустановок, в библиотеках, книгохранилищах и архивах и т.п.

#### **1.2.4.2. Азот**

Азот главным образом применяется в стационарных установках пожаротушения для тушения натрия, калия, бериллия и кальция. Для тушения магния, лития, алюминия, циркония применяют аргон, а не азот. К недостаткам диоксида углерода и азота, как огнетушащих веществ, следует отнести их высокие огнетушащие концентрации и отсутствие охлаждающего эффекта при тушении.

Так, одним из современных средств пожаротушения являются именно азотные установки. Данное оборудование высокоэффективно для предупреждения и ликвидации

взрывов и пожаров на объектах нефтегазового комплекса, на химических, нефтехимических и других предприятиях.

#### **1.2.4.3. Водяной пар**

Водяной пар нашел широкое применение в стационарных установках тушения в помещениях с ограниченным количеством проемов, объемом до 500 м<sup>3</sup> (сушильные и окрасочные камеры, трюмы судов, насосные по перекачке нефтепродуктов), на технологических установках для наружного пожаротушения, на объектах химической и нефтеперерабатывающей промышленности.

В процессе тушения пар, заполняя помещение, разбавляет и вытесняет из него воздух, препятствуя, таким образом, процессу горения. Капли воды, содержащиеся в насыщенном паре, испаряются и поглощают тепло, охлаждая очаг пожара.

#### **1.2.5. Огнетушащие вещества, химически тормозящие реакцию горения**

К химически активным ингибиторам относятся фреоны, газы и некоторые другие галоидопроизводные метана и этана, в частности такие соединения, как  $\text{CH}_2\text{ClBr}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{Br}_2$ ,  $\text{CF}_3\text{Br}$ .

В технике пожаровзрывозащиты все эти соединения называют хладонами и вводят для их маркировки специальные цифровые и буквенные обозначения, отображающие их химический состав.

Газовое пожаротушение – вид пожаротушения, при котором для тушения возгораний и пожаров применяются газовые огнетушащие вещества (ГОТВ). Автоматическая установка газового пожаротушения обычно состоит из баллонов или емкостей для хранения газового огнетушащего вещества, газа, который хранится в этих баллонах (емкостях) в сжатом или сжиженном состоянии, узлов управления, трубопроводов и насадок, обеспечивающих доставку и выпуск газа в защищаемое помещение, прибора приемно-контрольного и пожарных извещателей. Газовое пожаротушение, в отличие от водяного, аэрозольного, пенного и порошкового, не вызывает коррозии защищаемого оборудования, не наносит ущерба защищаемому объекту, а последствия его применения легко устранимы путем простого проветривания.

##### **1.2.5.1. Хладоны**

Хладоны являются химическими ингибиторами горения. Эта группа веществ включает в себя галоидзамещенные и фторзамещенные углеводороды. Механизм действия хладонов 23, 125, 218, 227еа, 318Ц, активно применяющихся в качестве газовых огнетушащих веществ, основан на разрыве радикальных связей физико-химической реакции горения.

В процессе горения развивается цепная реакция, и количество активных веществ – радикалов – растет лавинообразно. Попадая в зону реакции, хладоны распадаются с образованием свободных радикалов, которые взаимодействуют с первичными продуктами горения. Суть процесса можно условно описать как уничтожение радикалов, участвующих в цепной химической реакции, и образование нейтральных молекул. Таким образом, снижается количество активных частиц в зоне горения, центры реакции подавляются, и скорость физико-химических процессов замедляется вплоть до полного затухания. Применяется для тушения пожаров класса А, В, С, Е.

Все хладоны применяются в разных огнетушащих концентрациях. Этот фактор определяет количество ГОТВ необходимое для тушения возгораний и резервирования в системе. Огнетушащая концентрация определяет продолжительность выпуска хладона и время срабатывания системы.

Таким образом, каждый вид огнетушащего состава в зависимости от области его применения и, соответственно класса пожара имеет свою практическую значимость. Каждый вид огнетушащего состава должен обладать определенными параметрами, позволяющими эффективно и экономически-выгодно устранить источник горения. [17]

Ко всем тушащим составам предъявляются следующие требования:

1. Огнетушащие вещества должны обеспечивать тушение пожара поверхностным или объемным способом их подачи с характеристиками подачи огнетушащих веществ в соответствии с тактикой тушения пожара.
2. Огнетушащие вещества должны применяться для тушения пожара тех материалов, взаимодействие с которыми не приводит к опасности возникновения новых очагов пожара или взрыва.
3. Огнетушащие вещества должны сохранять свои свойства, необходимые для тушения пожара, в процессе транспортирования и хранения.
4. Огнетушащие вещества не должны оказывать опасное для человека и окружающей среды воздействие, превышающее принятые допустимые значения.

В связи с этими требованиями, определенный вид огнетушащего состава должен применяться в конкретной обстановке с учетом характеристики пожара.

В своей выпускной квалификационной работе особое внимание уделено жидкофазным огнетушащим составам, так как вода является наиболее универсальным охлаждающим и экономичным средством ликвидации очагов возгорания и пожаров. На ее основе можно создавать и другие огнегасительные составы, путем введения добавок и веществ, тем самым улучшая характеристики воды и создавая эффективные средства пожаротушения.

## **2. АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТ ЖИДКОФАЗНЫХ ОГNETУШАЩИХ ВНЕШНЕЙ СОСТАВОВ**

Процесс пожаротушения представляет собой совокупность химических и физических процессов взаимодействия очага горения и огнетушащих веществ. Многообразие горючих материалов по своему химическому составу и физическому состоянию обуславливает сложность при выборе наиболее эффективного средства пожаротушения, применительно к конкретному типу пожара. Основным принципом работы всех огнетушащих составов – прекращение последующего распространения пламени. Анализ каждого из данных видов огнетушащих средств, позволяет привести их основные преимущества и недостатки использования. Также следует отметить важность использования жидкофазных огнетушащих составов, находящих свое широкое применение в современных системах пожаротушения. На основе воды можно создавать различного рода эффективные составы, где основной компонент является наиболее экономически-выгодным и универсальным составом.

В данном разделе выпускной квалификационной работы особое внимание уделено жидкофазным огнетушащим составам. Рассмотрены огнетушащие вещества охлаждения и изоляции, находящиеся в жидком состоянии.

### **2.1. Жидкофазные огнетушащие вещества охлаждения**

Огнетушащие вещества охлаждения понижают температуру зоны реакции или горящего вещества.[1]

Процесс горения можно охарактеризовать динамикой выделения тепла в данной системе. Если каким-либо образом организовать отвод тепла с достаточно большой скоростью, то это приведет к прекращению горения. Также отвод тепла способствует предотвращению взрыва, если при пожаре образуются взрывоопасная среда. Отвод тепла наиболее рационально обеспечивать введением специальных хладагентов. Такой способ охлаждения позволяет легко регулировать скорость теплоотвода, изменяя интенсивность введения хладагента.

#### **2.1.1. Вода**

Вода – основное жидкофазное огнетушащее вещество охлаждения, наиболее доступное и универсальное. Хорошее охлаждающее свойство воды обусловлено её высокой теплоемкостью  $C = 4187 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$  при нормальных условиях.

Достоинствами воды являются её дешевизна и доступность, относительно высокая удельная теплоемкость, высокая скрытая теплота испарения, химическая инертность по

отношению к большинству веществ и материалов. К недостаткам воды относятся высокая электропроводность (особенно в случае применения воды с добавками, повышающими её огнетушащие и эксплуатационные свойства), относительно низкая смачивающая способность, недостаточная адгезия к объекту тушения и т.п.

Подача воды к очагу горения может быть в виде:

1. сплошной (компактной) струи из лафетных стволов с насадками диаметром 28-50 мм или из ручных пожарных стволов с насадками диаметром 13-25 мм;
2. распыленной струи при диаметре капель воды свыше 100 мкм;
3. тонкораспыленной струи с диаметром капель воды до 100 мкм, полученной из стационарных или переносных распылителей;
4. растворов, содержащих 0,2-2,0% массы смачивателей для снижения поверхностного натяжения;
5. водобромэтиловой эмульсии, содержащей 90% массы воды и 10% бромистого этила (способ подачи в зону горения).

В виде компактных и распыленных струй из лафетных и ручных пожарных стволов вода применяется для тушения большинства твердых горючих веществ и материалов (круглых и пиленых материалов и изделий из древесины), тяжелых нефтепродуктов, для создания водяных завес и охлаждения объектов, находящихся вблизи очага пожара. Тонкораспыленной водой эффективно тушатся твердые вещества и материалы, горючие и даже легковоспламеняющиеся жидкости. При этом снижается расход воды, минимально увлажняются и портятся материалы, снижается температура в горящем помещении и осаждается дым.

Вода наиболее эффективна для поглощения теплоты при температуре до 100°C. При температуре 100°C вода продолжает поглощать теплоту, превращаясь в пар, и отводит поглощенную теплоту от горящего материала. Это быстро снижает его температуру до значения ниже температуры его воспламенения, в результате чего пожар прекращается. Она имеет важный вторичный эффект – превращаясь в пар, она расширяется при этом в 1700 раз. Возникшее большое облако пара окружает пожар, вытесняя воздух, в котором содержится кислород, необходимый для поддержания процесса горения. Таким образом, кроме охлаждающей способности, вода обладает эффектом объемного тушения.

### **2.1.2. Вода со смачивателями**

Для повышения смачивающей (проникающей) способности воды в неё добавляют различные смачиватели. Последние, благодаря снижению поверхностного натяжения, также способствуют повышению дисперсности распыленной воды.

Добавка смачивателей позволяет значительно снизить поверхностное натяжение воды (до  $36,4 \times 10^3$  Дж/м<sup>2</sup>). В таком виде она обладает хорошей проникающей способностью, за счет чего достигается наибольший эффект в тушении пожаров, особенно при горении волокнистых материалов, торфа, саж. Водные растворы смачивателей позволяют уменьшить расход воды на 30 –50%, а также продолжительность тушения пожара. Виды смачивателей и их оптимальная концентрация приведены в таблице 2.

Водные растворы полиоксиэтилена получили название «скользящая вода». Линейные молекулы полимера, ориентируясь вдоль потока, снижают его турбулизацию, что приводит к повышению пропускной способности трубопроводов.

Таблица 2 – Оптимальные концентрации смачивателей в воде

Смачиватель	Оптимальная концентрация	
	% к воде	По массовому содержанию
<b>Сульфанол:</b>		
НП-1	0,3–0,5	0,003– 0,005
НП-5	0,3–0,5	0,003 – 0,005
Б	1,5 –1,8	0,015 – 0,018
Некаль НБ	0,7 – 0,8	0,007 –0,008
<b>Вспомогательное вещество:</b>		
ОП-7	1,5 – 2,0	0,015 – 0,02
ОП-8	1,5 – 2,0	0,015 – 0,02
Эмульгатор ОП-4	1,95 – 2,1	0,0195– 0,021
<b>Пенообразователь:</b>		
ПО-1	3,5 – 4,0	0,035 – 0,04
ПО-1Д	6,0 – 6,5	0,06 –0,065

Один из самых распространённых видов смачивателей – твердый диоксид углерода (углекислота в снегообразном виде) тяжелее воздуха в 1,53 раза, без запаха, плотность 1,97кг/м<sup>3</sup>. Неэлектропроводен, не взаимодействует с горючими веществами материалами. Водорастворимые полимерные добавки применяют также для повышения адгезии огнетушащего средства к горящему объекту. Такие составы получили название «вязкая вода». Это такая вода, которая обработана в целях снижения способности растекания и образует особую пленку, прилипающую к горящему материалу.

В данном разделе следует отметить, что воду не следует применять для тушения веществ, бурно реагирующих с ней с выделением тепла, горючих, а также токсичных и коррозионно-активных газов.

Таблица 3 – Вещества и материалы, при тушении которых опасно применять воду и другие огнетушащие средства на ее основе

Вещество (материал)	Степень опасности
Азид свинца	Взрывается при увеличении влажности до 30%
Алюминий, магний, цинк, цинковая пыль	При горении разлагают воду на кислород и водород
Битум	Подача компактных струй воды ведет к выбросу и усилению горения
Гидриды щелочных и щелочноземельных металлов	Реагируют с водой с выделением водорода, возможен взрыв
Гидросульфит натрия	Самовозгорается и взрывается от действия воды
Гремучая ртуть	Взрывается от удара водяной струи
Калий, кальций, натрий, рубидий, цезий металлические	Реагируют с водой с выделением водорода, возможен взрыв
Карбиды алюминия, бария и кальция	Разлагаются с выделением горючих газов, возможен взрыв
Негашеная известь	Реагирует с водой с выделением большого количества тепла
Серный ангидрид	При попадании воды возможен взрывообразный выброс

Большинство современных технических средств, которые находятся на вооружении пожарной охраны, позволяют использовать непосредственно на тушение очага пожара только 5-10 % поданной на тушение воды. Фактически 90-95 % воды при этом можно считать излишне пролитой. Часто ущерб от излишне пролитой воды наносит большие потери. Поэтому широко и часто применяемая вода при тушении пожаров не имеет существенной эффективности. Отсюда вытекает важность и значимость использования смачивателей с целью улучшения характеристик воды.

### 2.1.3. Хладоны как жидкофазное охлаждающее вещество

Хладоны (фреоны) как универсальные огнетушащие вещества, находящиеся не только в газообразном, но и в жидком состоянии применяются для тушения различного рода пожаров. В данном случае они находят свое применение, в качестве жидкофазных огнетушащих составов охлаждающего действия.

Фреоны – галогеноалканы, фтор-и-хлорсодержащие производные насыщенных углеводородов (главным образом метана и этана), используемые как хладагенты.

Хладоны в жидком состоянии используют в стационарных автоматических установках объемного пожаротушения и в ручных огнетушителях. В таблице 4 представлены основные физико-химические характеристики жидкофазных хладонов.

Таблица 4 – Основные физико-химические характеристики жидкофазных хладонов



Свойство	Название хладона		
	13B1 (CF <sub>3</sub> Br)	114B2(C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> Br <sub>2</sub> )	12B1 (CF <sub>2</sub> ClBr)
Т-ра кипения, °С	-57,8	47,5	-4,0
Т-ра замерзания, °С	-168,0	-110,5	-160,5
Огнетушащая концентрация, % по объему	5,0-6,0	2,0-2,5	6,5-7,5

Наиболее эффективны комбинированные огнетушащие составы, действующие одновременно по механизмам ингибирования, охлаждения и разбавления. Для объемного тушения применяют азотно-хладоновые и углекислотно-хладоновые огнетушащие составы, для поверхностного тушения – азотно-водо-хладоновые и хладоно-порошковые.

Компания 3-М разработала огнетушащее вещество нового поколения Noves 1230 (флуорокетон С-6), превосходящее хладоны по безопасности для экологии и здоровья человека. Новый противопожарный агент относится к разряду фторированных кетонов (формула CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>C(O)CF(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), поглощает тепло эффективнее воды, обладает одной из самых низких среди ГОТВ огнетушащих концентраций и оптимальной для применения в системах пожаротушения температурой кипения 49,2°С.

Noves 1230 (Фторкетон ФК-5-1-12) – жидкость без цвета и запаха, иногда называемая «сухой водой»; шестиуглеродное вещество, разряд–фторированный кетон.

## 2.2. Жидкофазные огнетушащие вещества изоляции

Создание между зоной горения и горючим материалом или воздухом изолирующего слоя из огнетушащих веществ и материалов – распространенный способ тушения пожаров, применяемый пожарными подразделениями. При его реализации применяются самые разнообразные огнетушащие средства, в том числе и находящиеся в жидкофазном состоянии, способные на некоторое время изолировать доступ в зону горения либо кислорода воздуха, либо горючих паров и газов.

Основным средством изоляции в жидком виде являются огнетушащие пены: химическая и воздушно-механическая виды пен.

### 2.2.1. Пены

Пена – наиболее эффективное и широко применяемое огнетушащее вещество изолирующего действия. Представляет собой коллоидную систему из жидких пузырьков, наполненных газом. Пленка пузырьков содержит раствор ПАВ в воде с различными стабилизирующими добавками. Если пузырьки газа имеют сферическую форму, а их суммарный объем сопоставим с объемом жидкости, то такие системы называются газовыми эмульсиями.

Пены широко используются для тушения пожаров на промышленных предприятиях, складах, в нефтехранилищах, на транспорте.

Пены подразделяются на воздушно-механическую и химическую. В настоящее время в практике пожаротушения в основном применяют воздушно-механическую пену.

#### **2.2.1.1. Воздушно-механическая пена**

Воздушно-механическая пена представляет собой концентрированную эмульсию воздуха в водном растворе пенообразователя. Ее получают смешиванием воды и пенообразователя с одновременным примешиванием воздуха.

Воздушно-механическая пена получается из 4–6 %-ного водного раствора пенообразователя, смешением водных этих растворов пенообразователей с воздухом в пропорциях от 1:3 до 1:1000 и более в специальных стволах (генераторах).

Различают пену обычной и высокой кратности. Первая получается в воздушно-пенных стволах, куда вводится под давлением 3–6 атм вода, смешанная с пенообразователем. Высокократная пена получается не подсосыванием в ствол воздуха, а его нагнетанием под некоторым давлением, отчего объем пены значительно увеличивается. Для тушения пожаров горючих и легковоспламеняющихся жидкостей в резервуарах применяют воздушно-механическую пену средней кратности. Высокократную пену наиболее эффективно применять для тушения пожаров в подвалах, шахтах и других закрытых объемах, а также разлитых в небольшом количестве жидкостей.

Воздушно-механическая пена безвредна для людей, не вызывает коррозии металлов, почти неэлектропроводна и экономична.

Такая пена интенсивно разрушается при контакте с полярными органическими жидкостями. В результате этого огнетушащая способность пены при тушении таких жидкостей крайне низка. Основой таких пенообразователей являются фторорганические ПАВ в сочетании со специально подобранным полимерным соединением.

#### **2.2.1.2 Химическая пена**

Химическая пена – огнетушительное средство, состоящее из пузырьков углекислого газа, образующихся в результате взаимодействия кислоты и углекислой щелочи в присутствии пенообразующего вещества и представляет собой концентрированную эмульсию двуокиси углерода в водном растворе минеральных солей, содержащем пенообразующее вещество. В последнее время наметилась тенденция к сокращению применения химической пены, что связано со сравнительно высокой ее стоимостью и сложностью организации тушения пожаров.

Пенообразующий порошок состоит из сухих солей (сернокислого алюминия, бикарбоната натрия) и лакричного экстракта или другого пенообразующего вещества. При взаимодействии с водой сернокислый алюминий (или другие сернокислые соли), бикарбонат натрия и пенообразователь растворяются и немедленно реагируют с образованием диоксида углерода.

Химическая пена является хорошим средством тушения горящих жидкостей, не соединяющихся и не смешивающихся с водой. Для тушения гидрофильных жидкостей применяют химическую пену из так называемого омыленного пеногенераторного порошка. Она применяется для тушения всех огнеопасных жидкостей. Однако с экономической точки зрения ее целесообразно применять для тушения легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ).

В данном разделе, рассматривая пены, применяемые для тушения пожаров, следует рассмотреть их кратность, являющуюся их важнейшей составляющей.

Кратность пены – величина, равная отношению объёмов пены и раствора, пошедшего на образование пены. В зависимости от величины значения кратности пены, получаемой из пенообразователя, ее подразделяют на пену низкой кратности (не более 20), пену средней кратности (от 21 до 200) и пену высокой кратности (более 200).

Выбор кратности пены при тушении пожара связан с химическим составом пенообразователя, его огнетушащей эффективностью, а также условиями тушения (тип пожарного ствола, объект тушения).

Огнетушащая эффективность пены низкой кратности из плёнкообразующих фторсодержащих пенообразователей близка к огнетушащей эффективности пены средней кратности из углеводородных пенообразователей. Только применение пены низкой кратности позволяет использовать подслоный способ для тушения пожара углеводородного топлива в резервуаре.

Пена средней кратности (60–100) из углеводородных пенообразователей используется в основном для тушения нефтепродуктов и других горючих жидкостей в резервуарах. Пену средней кратности также можно использовать не только для поверхностного, но и для объёмного тушения пожаров. Пена высокой кратности применяется для объёмного тушения.

### **2.3. Пенообразователи**

Пенообразователи представляют собой водные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ) и предназначены для получения пены или растворов смачивателей, используемых при тушении пожаров.

Все промышленно изготавливаемые и продаваемые на рынке пенообразователи различаются: по назначению, по структуре, по химической природе ПАВ и по способу образования пены.[6]

По способности разлагаться под действием микрофлоры водоемов и почв пенообразователи относят к биологически «мягким» или «жестким».

По химическому составу пенообразователи подразделяют на синтетические углеводородные и синтетические фторсодержащие. Кроме синтетических пенообразователей в ряде стран применяются также пенообразователи на протеиновой основе, в том числе содержащие фторированные ПАВ. Пенообразователи разделены на две классификационные группы в зависимости от применения: пенообразователи общего назначения и пенообразователи целевого назначения.

### 2.3.1. Пенообразователи общего назначения

К группе пенообразователей общего назначения относятся следующие: ПО-6К, ПО-ЗАИ, ПО-ЗНП, ТЭАС, ПО-6ТС. Они используются для получения огнетушащей пены и растворов смачивателей. Данные пенообразователи получили наиболее широкое применение благодаря относительно низкой стоимости и доступности сырья, а также отработанной технологии их изготовления.

По огнетушащей эффективности они уступают пенообразователям целевого назначения. Такие виды пенообразователей содержат следующие компоненты:

- ПО-6К – смесь натриевых солей нефтяных сульфокислот;
- ПО-ЗАИ и ПО-ЗНП – вторичные алкилсульфаты с добавлением ингибитора коррозии;
- ТЭАС и ПО-6ТС – триэтаноламиновые соли первичных алкилсульфатов.[7]

Пенообразователи ПО-ЗАИ и ПО-ЗНП необходимо предварительно разбавить в 2 раза водой при использовании их в пенобаках пожарных машин. С 1998 года применение ПО-6К для пожаротушения прекращается ввиду его несоответствия требованиям экологических параметров и нормам загрязнения окружающей среды. В соответствии с действующей нормативно-технической документацией пенообразователи общего назначения по своим показателям должны отвечать нормам, указанным в таблице 5.

Таблица 5 – Основные характеристики пенообразователи общего назначения

Показатель	<i>ПО-6К</i>	<i>ПО-ЗАИ</i>	<i>ПО-ЗНП</i>	<i>ТЭАС</i>	<i>ПО-6ТС</i>
Внешний вид	Однородные жидкости от светло-желтого до темно-коричневого цвета без осадка и посторонних включений				
Плотность при 20 °С, кг•м <sup>-3</sup> , не менее	1050	1020	1100	1000	1000
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> • с <sup>-1</sup> ,					

Не более	40	10	100	40	40
Температура застывания, °С, не выше, минус	3	3	3	6	3
Водородный показатель (рН)	7,5-10,5	8,0-10,0	7,0-10,5	7,5-9,0	7,8-10,0
Концентрация рабочего раствора, % (об.), не менее, для получения:					
пены средней кратности	6	3	3	6	6
смачивателя	4	2	2	2	2
Кратность пены:					
Низкая, не более	20	20	20	20	20
Средняя, не менее	60	60	60	60	60
Устойчивость пены средней кратности, с, не менее:					

Продолжение таблицы 5.

разрушение 50 % объема пены из ГПС-100 В 200 л емкости	420	600	750	720	720
разрушение 50 % объема пены, полученной на стендовой установке	220	250	280	450	230
выделение из пены, полученной на стендовой установке, 50 % объема жидкости	180	200	200	240	220
Время тушения н-гептана (бензина А-76) при интенсивности подачи рабочего раствора $0,038 \text{ дм}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ пеной средней кратности, с, не более	300	300	300	300	300
Показатель омачивающей способности, с, не более	9	9	9	9	8
Гарантийный срок хранения, мес.	18	12	18	30	12

### 2.3.2. Пенообразователи целевого назначения

К группе пенообразователей целевого назначения относятся САМПО, ПО-6НП, ФОРЭТОЛ, «Универсальный», «Морской».

Они используются для получения пены при тушении нефтепродуктов и горючих жидкостей различных классов, наиболее пожароопасных объектов, а также для применения с морской водой.[5]

Все пенообразователи целевого назначения отличаются повышенной огнетушащей эффективностью, однако фторсодержащие пенообразователи дороже, чем углеводородные. Пенообразователи содержат следующие компоненты:

- САМПО и ПО-6НП – вторичные алкилсульфаты со стабилизирующими добавками;
- «Морской» – смесь углеводородных ПАВ со стабилизирующими добавками;
- ФОРЭТОЛ – смесь фторсодержащих и углеводородных ПАВ с добавками полимерных соединений; «Универсальный» – смесь углеводородных и фторсодержащих ПАВ.

В соответствии с действующей нормативно-технической документацией пенообразователи целевого назначения по своим показателям должны отвечать нормам, приведенным в таблице 6.

Таблица 6 – Основные характеристики пенообразователи целевого назначения

Показатель	САМПО	ПО-6НП	«Морской»	ФОРЭТОЛ	«Универсальный»
Внешний вид	Однородные жидкости без осадка, расслоения и посторонних механических включений				
Плотность при 20 °С, кг•м <sup>-3</sup> , не менее	1010	1010	1010	1100	1300
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> • с <sup>-1</sup> ,					
Не более	100	100	200	50	100
Температура застывания, °С, не выше, минус	10	8	10	5	10
Водородный показатель (рН)	8-10	7-10	8-10	5,5-7,0	6,5-9,0
Концентрация рабочего раствора, % (об.), не менее, для получения:					
не менее	6	6	6	10	10
Кратность пены:					
Низкая, не более	20	20	20	20	20
Средняя, не менее	60	60	60	40	40
Устойчивость пены средней кратности, с, не менее:					
разрушение 50 % объема пены из	1200	2700	1200	1000	12000

ГПС-100 в 200 л емкости					
разрушение 50 % объема пены, полученной на стендовой установке	5000	5000	1100	1500	1000

Продолжение таблицы 6.

выделение из пены, полученной на стендовой установке, 50 % объема жидкости	750	800	200	250	300
Время тушения н-гептана (бензина А-76) при интенсивности подачи рабочего раствора 0,038 дм <sup>3</sup> • м <sup>-2</sup> • с <sup>-1</sup> пеной средней кратности, с; не более					
н-гептана (бензина А-76)	300(0,025)	300(0,027)	300(0,034)	120(0,03)	50(0,028)
Гарантийный срок хранения, мес.	18	18	18	36	12

### 2.3.3. Порядок применения пенообразователей

Пенообразователи общего назначения используются для получения пены различной кратности и растворов смачивателей при тушении горючих жидкостей, твердых сгораемых материалов, волокнистых и тлеющих веществ, для защиты строительных конструкций, технологических аппаратов и хранящихся материалов от воздействия тепловых потоков.

Пенообразователи общего назначения могут образовывать пену низкой (до 20), средней (20-200) и высокой (более 200) кратности. Пенообразующие и огнетушащие свойства пенообразователей в значительной мере зависят от жесткости воды (наличия солей кальция и магния), используемой для получения рабочих растворов. С увеличением жесткости воды снижаются пенообразующие и огнетушащие свойства пенообразователей. Для сохранения этих свойств необходимо увеличивать концентрацию рабочих растворов (при использовании морской воды увеличивается и интенсивность подачи пены).

Таблица 7 – Концентрация рабочих растворов пенообразователей на воде различной жесткости

Пенообразователь	Концентрация, %(об.) при жесткости воды, мг•экв•л <sup>-1</sup>		
	10-15	15-30	130 (морская вода)
ПО-6К	6	9	6
ПО-ЗНП	3	6	9

ТЭАС	6	6	9
------	---	---	---

Возможность использования оборотной воды предприятий для получения рабочих растворов пенообразователей необходимо определить заранее в каждом конкретном случае. Вода для приготовления раствора не должна содержать примесей нефти и нефтепродуктов.

Рабочие растворы пенообразователей предварительно готовят в предназначенной для этого емкости, например в цистерне пожарной автомашины, либо получают с помощью пеносмесителей и дозирующих устройств. [3]

При использовании пенообразователей общего назначения основным средством тушения жидких нефтепродуктов является пена средней кратности (оптимальное значение  $100 \pm 20$ ). Пена низкой кратности менее эффективна, особенно при тушении пламени жидкостей с низкой температурой кипения.

Пену средней кратности можно использовать не только для поверхностного, но и для объемного тушения пожаров в подвалах, небольших по объему помещениях. Для объемного тушения используется также пена высокой кратности. Низкократная пена из пенообразователей этого класса используется при тушении пламени высококипящих жидких нефтепродуктов, твердых горючих материалов, а также для охлаждения горящего и соседнего с ним оборудования.

Огнетушащая способность низкократных пен из пенообразователей общего назначения в значительной степени зависит от способа подачи пены и пенообразующих устройств, поэтому интенсивность ее подачи при тушении определяется в каждом конкретном случае. [4]

Пенообразователи общего назначения, в том числе забракованные и не подлежащие регенерации, используют в качестве растворов смачивателей при тушении волокнистых гидрофобных (водоотталкивающих) горючих материалов (торф, хлопок, вата, ткань, бумага, древесина и т. п.). Это в 1,5–2 раза повышает эффективность тушения водой. Интенсивность подачи растворов смачивателей для тушения большинства твердых материалов составляет  $0,05-0,1 \text{ дм}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ .

Пенообразователи целевого назначения целесообразно использовать в соответствии с конкретным назначением. Это особенно актуально для пенообразователей, изготовленных на основе дорогостоящего фторированного сырья, а также пенообразователей иностранного производства.

Пенообразователи САМПО и ПО-БНП предназначены для получения пены низкой, средней и высокой кратности. Они имеют повышенную огнетушащую способность и применяются при тушении нефтепродуктов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и пожароопасных объектов. Данные пенообразователи эффективны при объемном тушении и



также могут применяться при тушении водорастворимых органических жидкостей с учетом их предварительного разбавления водой или рабочим раствором пенообразователя.

Пенообразователь «Морской» предназначен для получения пены низкой, средней и высокой кратности на стандартном оборудовании с использованием морской и пресной воды. Он применяется для тушения пожаров классов А и В. Пенообразователь «Морской» можно применять с использованием морской воды при тушении пожаров на морских и речных судах, нефтегазодобывающих установках, расположенных в акватории моря, а также на прибрежных объектах, в зоне размещения которых существует дефицит пресной воды.

Фторсодержащие пенообразователи ФОРЭТОЛ и «Универсальный» образуют пену низкой и средней кратности. Используются при тушении всех классов органических жидкостей, кроме химически взаимодействующих с водой, ФОРЭТОЛ экономически целесообразно применять для тушения водорастворимых ЛВЖ и ГЖ, например спиртов.

Пенообразователь «Универсальный» благодаря добавкам фторсодержащих ПАВ обеспечивает высокую эффективность тушения при малом расходе. Он способен образовывать на поверхности нефтепродуктов водную пленку, ускоряющую их тушение и препятствующую повторному возгоранию. Кроме традиционных способов тушения, подачи пены сверху в очаг горения, фторсодержащие пенообразователи могут использоваться для тушения пожаров углеводородных горючих жидкостей в резервуарах подслоным способом.

Нормы подачи пены из фторсодержащих пенообразователей при тушении нефти и нефтепродуктов приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Нормативные интенсивности подачи раствора фторсодержащих пенообразователей ФОРЭТОЛ и «Универсальный»,  $\text{дм}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$

Нефтепродукт	Подача пены		
	Средней кратности на поверхность	Низкой кратности на поверхность	Низкой кратности в слой нефтепродукта
Бензин	0,05	0,08	0,12
Керосин	0,05	0,06	0,10
Дизельное топливо	0,05	0,06	0,08
Нефть с Т вспышки 28 °С и ниже	0,05	0,08	0,10
Нефть с Т вспышки более 28 °С	0,05	0,06	0,08

Следует отметить, что интенсивность подачи пены средней кратности из ФОРЭТОЛа и «Универсального» при тушении ряда полярных растворителей и спиртов может достигать значений 0,1-0,2  $\text{дм}^3 \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ .

При тушении некоторых бинарных смесей органических жидкостей пеной из ФОРЭТОЛА и «Универсального» огнетушащая способность может быть значительно ниже, чем при тушении составляющих компонентов. При определении нормы подачи пены для тушения пожаров в производственных условиях, где обращаются, как правило, смеси горючих веществ, необходимо учитывать наличие примесей, а также располагать сведениями по тушению пламени смесей при различных концентрациях компонентов.

#### **2.3.4. Виды пенообразователей по природе основного поверхностно-активного вещества**

Все промышленно изготавливаемые и продаваемые на рынке пенообразователи также классифицируются по природе основного поверхностно-активного вещества.

По природе основного ПАВ пенообразователи классифицируются на: протеиновые; синтетические углеводородные; фторсодержащие.

Основу протеиновых пенообразователей составляют продукты гидролиза животного происхождения, таких как рога, копыта, перья и пр. Основными достоинствами пенообразователей данного типа является низкая стоимость, относительно высокие стойкость и термическая устойчивость пены. Основные недостатки – невысокая огнетушащая способность и непродолжительный срок хранения.

Фтор протеиновые пенообразователи (FP) fluoric protein изготавливаются путем добавления специальных фтор химикатов к протеиновой основе. Добавка фтор химикатов способствует увеличению текучести пены и, таким образом, несколько улучшает огнетушащую способность.

Фтор протеиновые пленкообразующие пенообразователи (FFFP) film forming fluoric protein включают в свой состав достаточное количество фторсодержащих поверхностно-активных веществ (ФПАВ), чтобы образовывать тонкую водную пленку на поверхности некоторых углеводов. Данные пенообразователи имеют очень высокие показатели стабильности пены и относительно высокие показатели огнетушащей способности.

Фтор протеиновые пленкообразующие спиртоустойчивые пенообразователи (FFFP AR) film forming fluoric protein alcohol resistant включают в свой состав кроме ФПАВ специальные спиртоустойчивые соединения, позволяющие образовывать полимерную пленку на поверхности углеводов и даже полярных жидкостей растворимых в воде. Данные пенообразователи имеют очень высокие показатели стойкости пены и самую высокую огнетушащую способность.

Появление фторированных пленкообразующих синтетических и протеиновых пенообразователей позволяет применять пену низкой кратности для тушения горючих жидкостей на больших площадях. Образующийся пенный слой обеспечивает длительную локализацию поверхности горючего.

Основу синтетических пенообразователей (S) synthetic составляют углеводородные ПАВ. Основное применение – генерирование пены средней и высокой кратности для тушения пожаров в ограниченных пространствах. Для них характерен длительный срок хранения.

Синтетические водные пленкообразующие пенообразователи (AFFF или A3F) aqueous film forming foam – комбинация фторированных ПАВ и углеводородных ПАВ. Образуют водную пленку на поверхности всех углеводородов. Водные растворы таких пенообразователей имеют чрезвычайно низкое поверхностное натяжение, что создает возможность образование водных пленок на поверхности углеводородного горючего. Она очень быстро распространяется по поверхности горящего топлива и позволяет быстро локализовать и потушить пожар класса В. В отличие от описанных выше, пенообразователи такого вида могут эффективно использоваться в качестве смачивающей добавки для тушения пожаров класса А (обычно в гораздо меньшей от номинала концентрации). Рабочие растворы таких пенообразователей очень хорошо смачивают и охлаждают материалы класса А, тушат глубоко залегающие пожары, охлаждают горящие резервуары. Дополнительное преимущество – длительный срок хранения.

Синтетические спиртоустойчивые пленкообразующие пенообразователи (AFFF AR или A3F AR) aqueous film forming foam alcohol resistant изготавливаются на синтетической основе в комбинации с фторированными ПАВ и спиртоустойчивыми агентами, формирующими полимерную пленку. Данные пенообразователи действуют так же, как и обычные пленкообразующие пенообразователи при тушении пожаров углеводородов, но при контакте с полярной жидкостью происходит образование полимерной пленки, которая защищает пенный покров от разрушительного воздействия спиртов. Самая высокая огнетушащая способность и стойкость к обратному возгоранию присуще именно этой группе пенообразователей. Многие из них пригодны для получения пены низкой, средней и высокой кратности при использовании соответствующего оборудования, обладают длительным сроком хранения. Они с успехом применяются на объектах повышенного риска, таких как химические, нефтеперерабатывающие предприятия, нефтехранилища и суда морского флота и могут служить как для тушения пожаров, так и для локализации аварийных выбросов химикатов и некоторых сжиженных газов за счет присутствия полимерной пленки и соответственно высоких показателей стойкости пены.

В таблице 9 приведены типичные эксплуатационные качества для различных классов пенообразователей описанных выше.

Таблица 9 – Эксплуатационные качества для различных классов пенообразователей

Тип	Класс	Степень стойкости к	Способность к
-----	-------	---------------------	---------------

пенообразователя (в сокращении)	огнетушащей способности	повторному возгоранию	пленкообразованию
AFFF	1	B	Да
AFFFAR	1	A	Да
FFFP	1	B	Да
FFFPAR	1	A	Да
FP	2	A	Нет
FPAR	2	A	Нет
S	3	C	Нет
SAR	3	C	Нет
P	3	B	Нет
PAR	3	B	Нет

Все вышеуказанные пенообразователи, классифицирующиеся по природе ПАВ, получили широкое применение в мире. Каждый из данных видов имеет свои отличительные характеристики, которые должны учитываться пользователем при выборе необходимого огнетушащего вещества для защиты конкретного объекта. Каждый из пенообразователей в зависимости от количества и свойств, содержащихся в нем компонентов, может быть морозоустойчивым, пленкообразующим или спиртоустойчивым.

Другие типы пенообразователей, такие как PAR (protein, alcohol resistant), SAR (synthetic, alcohol resistant), FP AR (fluoric protein, alcohol resistant) являются узкоспециализированными и, как правило, изготавливаются очень редко и в основном используются для защиты определенных объектов.

Рассматривая в качестве объекта защиты технологические производства, необходимо использовать специальные полярные пенообразователи (AR), которые не разрушаются при контакте с водорастворимыми горючими жидкостями. Способ получения и подачи таких пен во многом идентичен с пленкообразующими фторированными пенами, однако непосредственная подача под слой полярных жидкостей не представляется возможной.

Эксплуатационные качества, указанные выше в таблице 9, типичны для всех пенообразователей, однако качественные показатели конкретного пенообразователя могут быть выше или ниже в зависимости от возможностей производителя и целевого назначения пенообразователя.

При выборе пенообразователя необходимо знать реальный класс огнетушащей способности и степень стойкости к повторному возгоранию, поскольку такие данные получаются только путем огневых испытаний и с высокой степенью точности отражают качество пенообразователя.

### **2.3.5. Стабилизация свойств пенообразователей и контроль качества**

Стабилизация – система мероприятий, направленных на сохранение первоначальных пенообразующих и огнетушащих свойств пенообразователей и их растворов.

Для сохранения свойств пенообразователей и их растворов при хранении и эксплуатации необходимо:

- при разработке составов пенообразователей предусматривать содержание компонентов, снижающих отрицательное воздействие процесса гидролиза (разложение ПАВ под действием воды), коррозии материала емкости, влияния бактерий;
- строго соблюдать технологический регламент при промышленном производстве пенообразователей, начиная с выбора и проверки качества исходного сырья и заканчивая тщательной проверкой норм технических требований, установленных в нормах технической документации на пенообразователь; выполнять все требования, предъявляемые к чистоте тары при транспортировке пенообразователей (выбор материала тары, отсутствие следов нефтепродуктов).

Сохранение эксплуатационных характеристик ряда пенообразователей достигается также путем добавки специальных химических компонентов: карбамида (мочевины), гидроксида натрия, триэтаноламина, тетрабората натрия (буры), полифосфатов, ингибиторов коррозии.

При поступлении пенообразователя с предприятия-изготовителя на базу или склад следует проверить наличие документа предприятия-изготовителя о проверке качества продукта, состояние тары и поступившего продукта.

Необходимо отобрать пробу (по ГОСТ 2517-85) и направить ее на испытания. Испытания проводятся специалистами испытательной пожарной лаборатории (ИПЛ).

Контроль качества пенообразователя целесообразно проводить по следующим показателям: водородному показателю, кратности и устойчивости пены средней кратности, показателю смачивающей способности, времени тушения при заданной интенсивности подачи.

При получении неудовлетворительных результатов хотя бы по одному показателю по нему проводят повторные испытания из удвоенной выборки.

### **2.3.6. Требования безопасности и охраны окружающей среды**

По степени воздействия на организм человека пенообразователи ПО-6К, ПО-ЗАИ, САМПО относятся к 3-му классу опасности (вещества умеренно опасные); пенообразователи ПО-ЗНЦ, ТЭАС, ПО-6ТС, ПО-6НП, «Морской», ФОРЭТОЛ, «Универсальный» – к 4-му классу опасности (вещества мапоопасные).

Пенообразователи в концентрированном виде обладают слабыми кумулятивными свойствами, могут вызвать при контакте раздражение кожных покровов и слизистой оболочки глаз.

Рабочие растворы пенообразователей безвредны. Составы, содержащие фторированные соединения, обладают слабым кумулятивным и кожно-резорбтивным действием.

Технологический процесс производства пенообразователей должен быть механизирован, а оборудование герметизировано. Помещение, где проводится работа с продуктом, должно быть оборудовано общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией.

При работах, связанных с разгрузкой пенообразователей, промывкой аппаратуры и тары, следует исключить возможность попадания состава на кожные покровы, слизистую оболочку глаз и в желудочно-кишечный тракт. Обслуживающий персонал при этом должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты: непромокаемой спецодеждой, резиновыми сапогами, прорезиненными перчатками или рукавицами, защитными очками и щипками. Для защиты рук следует пользоваться защитными кремами типа «Силиконовый» или «Ланолиновый». При попадании продукта в глаза или на кожу его надо смыть обильным количеством проточной воды.

Пенообразователи неспособны к самостоятельному горению. Пенообразователи ПО-ЗАИ, ПО-ЗНП, САМПО, ПО-6НП, «Морской» могут образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при обычной температуре. Температурные пределы воспламенения паров в воздухе для ПО-ЗАИ и ПО-ЗНП составляют  $(53,3 \pm 3,1) ^\circ\text{C}$  – нижний;  $(68,3 \pm 3,1) ^\circ\text{C}$  – верхний; для САМПО и ПО-6НП –  $(37 + 2) ^\circ\text{C}$  – нижний и  $(59,1 \pm 3,2) ^\circ\text{C}$  – верхний. В связи с этим при обращении с данными пенообразователями запрещается пользоваться открытым огнем и другими источниками зажигания. Рабочие растворы пенообразователей пожаровзрывобезопасны.

Указанные пенообразователи и их растворы не оказывают канцерогенного и мутагенного воздействия на организм человека. Каждый пенообразователь должен иметь санитарно-гигиенический паспорт.

В процессе эксплуатации и хранения необходимо применять меры, исключающие пролив пенообразователей.

### **3. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ БОЛЕЕ В ПРИМЕНЕНИИ ЖИДКОФАЗНЫХ РАЗДЕЛЕНИЕ ОГNETУШАЩИХ СОСТАВОВ СВЯЗАНЫ ПРИ ПОЖАРОТУШЕНИИ**

В процессе эксплуатации и хранения необходимо применять меры, исключаящие пролив пенообразователей.

Одной из основных задач, стоящих перед создателями современных систем пожаротушения, является повышение эффективности использования воды в качестве средства пожаротушения.

Для повышения огнетушащей способности воды существует два подхода – химический и физический. Первый предполагает добавление в воду химических компонентов – пенообразователей. Это позволяет получать на специальном пеногенерирующем оборудовании огнетушащие пены или эмульсии, обладающие высокой способностью образовывать на поверхности горючих материалов изолирующие барьеры, препятствующие развитию очага горения. Второй подход заключается в использовании тонкораспыленной воды. В этом случае уменьшение размера капель воды (100–150 мкм) приводит к увеличению подвижности и проникающей способности образующегося водяного тумана.

Невозможно указать на какое-нибудь определенное универсальное средство пожаротушения, которое одинаково эффективно позволяло бы осуществлять процесс тушения различных по природе и процессу протекания пожаров. В связи с этим целесообразно рассматривать использование воды и водопенных растворов как единое водопенное средство тушения.

В связи с этим развитие и разработка составов на жидкофазной основе имеет свою значимость. Ведутся работы в области улучшения характеристик и свойств воды, и на ее основе создаются различные охлаждающие составы.

В данном разделе выпускной квалификационной работы представлены современные тенденции в области применения жидкофазных огнетушащих составов при пожаротушении.

#### **3.1. Огнетушащие составы на основе жидкого стекла**

Известно, что вода является наиболее широко применяемым огнетушащим средством тушения пожаров. Для повышения огнетушащей способности воды в ее состав, как правило, вводят органические добавки, повышающие вязкость воды (загустители) или снижающие ее поверхностное натяжение (пенообразователи).

Изобретение относится к составам на основе воды, применяемым при тушении пожаров и возгорании веществ, находящихся в различных агрегатных состояниях. Состав включает воду в количестве 50–95 мас.% и в качестве загущающей добавки жидкое стекло с модулем 2,5–3,2 в количестве 5–50 мас.%. [25] Дополнительно состав может содержать высокомолекулярное поверхностно-активное вещество в количестве 0,001–0,1 кг на один кубический метр воды в растворе. Состав обеспечивает высокую огнетушащую эффективность.

Задачей настоящего изобретения является создание эффективного огнетушащего состава с использованием жидкого стекла и воды, обеспечивающего необходимый уровень вязкости и достижение значительного снижения температуры в зоне горения, высоких значений температуростойкости и изолирующей способности состава за счет испарения свободной воды и термического вспенивания жидкого стекла.

Поставленная задача достигается тем, что огнетушащий состав, содержащий воду и загущающую добавку, в качестве загущающей добавки использует жидкое стекло с модулем 2,5–3,2 при следующем соотношении компонентов (мас.%): вода – 50-95; жидкое стекло – 5-50.

Жидкое стекло или растворимый силикат щелочных металлов лития, калия, натрия представляет собой вязкую жидкость с общей химической формулой  $R_2O \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$  (где  $R_2O$  – оксид щелочного металла,  $m$  – модуль жидкого стекла) с плотностью 1400–1500 кг/м<sup>3</sup> и коэффициентом динамической вязкости до 1 Па•с. Жидкое стекло смешивается с водой в любых соотношениях, и при содержании в огнетушащем составе в указанном количестве (5–50%) изменяет вязкость раствора от 0,004 Па•с до 0,5 Па•с при изменении плотности раствора с 1020 кг/м<sup>3</sup> до 1250 кг/м<sup>3</sup>. Таким образом, жидкое стекло с полным основанием можно отнести к веществам, существенно повышающим вязкость воды, то есть к загущающим веществам. В указанном диапазоне концентрации жидкого стекла в составе водного раствора вязкость раствора увеличивается в 4–500 раз по сравнению с вязкостью воды (0,001 Па•с, 20°C). Такое изменение вязкости водных растворов, используемых для тушения пожаров, практически недостижимо при использовании органических или неорганических загустителей.

Поведение предлагаемого огнетушащего состава в очаге горения по сравнению с прототипом имеет ряд существенных отличий. При подлете струи раствора жидкого стекла к поверхности горения, под действием высокой температуры происходит нагрев раствора и снижается его вязкость, что способствует лучшему растеканию раствора на поверхности горения. При испарении воды из раствора на поверхности горения увеличивается концентрация жидкого стекла, значительно повышается его вязкость и при полном



испарении воды из состава раствора на поверхности горения остается пленка жидкого стекла, обладающая свойством непрерывности. Для увеличения смачиваемости раствором поверхности горения и повышения степени диспергирования струи раствора в его состав можно вводить высокомолекулярные поверхностно-активные вещества (ПАВ) с поверхностным натяжением менее  $30 \cdot 10^{-3}$  Н/м, например, на основе поливинилового спирта, толуола и воды в количестве 0,001–0,1 кг/м<sup>3</sup> воды в растворе.

Таким образом, использование предлагаемого огнетушащего состава позволяет значительно, по сравнению с известными составами, снизить температуру поверхности горения за счет расхода тепла на испарение свободной воды, молекулярной и химически связанной воды жидкого стекла, на процессы пенообразования и плавления поверхностных слоев пены. Эти тепловые эффекты недостижимы при использовании органических или иных загущающих составов.

### **3.2. Перспективы применения хладонов, как химически тормозящих реакцию горения веществ, в системах пожаротушения**

Долгое время хладоны оставались наиболее распространенными газовыми огнетушащими веществами, применявшимися в российских системах автоматического пожаротушения. Но после принятия поправок к Монреальскому и Киотскому протоколам, многие галоидзамещенные углеводороды были запрещены к применению по причине несоответствия новым требованиям к экологической безопасности.

Ожидается, что к 2015 году будет достигнуто десятикратное сокращение объема используемых хладонов, а к 2030 г. станет возможным полный отказ от применения ГОТВ, способствующих глобальному потеплению. Первыми под действие запрета попали бромсодержащие хладоны типа 12B1 (CF<sub>2</sub>ClBr), 13B1 (CF<sub>3</sub>Br) и 114B2 (CF<sub>2</sub>BrCF<sub>2</sub>Br), признанные озоноразрушающими веществами.

Сводом правил СП 5.13130.2009 МЧС были разрешены к применению хладоны 23 (CHF<sub>3</sub>), 125(CH<sub>3</sub>CHF<sub>2</sub>), 218 (CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>), 227ea (C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>H) наиболее безопасные в своем классе веществ и отвечающие современным требованиям к противопожарным агентам:

- эффективность: согласно нормам на проектирование систем автоматического пожаротушения, хладоны подаются в помещение за 10-15 с., что позволяет за считанные секунды ликвидировать очаг возгорания;
- безопасность для оборудования: допускается использование хладонов 125 и 227ea для тушения пожаров электрооборудования, а также возгораний в помещениях, где установлены дорогостоящие агрегаты;

- безопасность для персонала: принцип действия хладонов – вступление в реакцию с продуктами горения – несет в себе определенные риски для людей, находящихся в помещении во время срабатывания противопожарной системы, но если система спроектирована правильно, количество продуктов деструкции, выделяющихся при тушении, не превышает предельно допустимых концентраций и не представляет опасности для здоровья персонала;
- экономическая рентабельность: хранение хладонов в жидком состоянии позволяет сократить объем площадей, выделяемых для установки модулей системы автоматического пожаротушения.

Тем не менее, если рассматривать разрешенные к применению фторированные хладоны в сравнении с инертными, станет очевидно, что на сегодняшний день они уступают альтернативным вариантам по целому ряду параметров.

При использовании любых хладонов в защищаемом помещении остается достаточно кислорода для свободного дыхания людей. С точки зрения нанесения ущерба здоровью людей из-за токсичности ГОТВ следует принять во внимание, что при экспозиции в пределах нескольких минут хладоны безопасны. Пребывание же в атмосфере двуокиси углерода даже самое короткое время приводит к гибели человека из-за высокой токсичности данного ГОТВ. Термическому разложению подвергается менее 5% массы хладона, поданного на тушение пожара. Отсюда следует, что токсичность среды, образующейся при тушении пожара хладонами, будет поразительно мала по сравнению с токсичностью продуктов пиролиза и разложением продуктов горения.

Однако различные хладоны обладают своим уровнем токсичности и поэтому для оценки безопасности необходимо учитывать значение предельно допустимой концентрации (ПДК) для данного типа ГОТВ. Основные технологические свойства хладонов представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Основные технологические свойства хладонов

Наименование хладона	Остаточная концентрация кислорода в защищаемом помещении после выпуска ГОТВ, %	<b>Ошибка!</b> концентрация (ПДК), %	Нормативная огнетушащая <b>Ошибка!</b> %	Запас <b>Ошибка!</b> %	Оценка влияния ГОТВ на человека

Продолжение таблицы 10.

Хладон 23	18	50	14,6	35,4	Свободное дыхание
Хладон 318Ц	19	30	7,8	22,2	Свободное дыхание
Хладон 227ea	19	10,5	7,2	3,3	свободное дыхание
Хладон 125	18	10,2	9,8	0,3	Свободное дыхание
Двуокись углерода, CO <sub>2</sub>	< 13	9,6	9,8	0,3	Свободное дыхание

### **3.3. Новейшая инновационная разработка в технологиях пожаротушения и противопожарной безопасности BONTEL**

Впервые, уникальная органическая жидкость способная ликвидировать пожар в любой стадии развития, была синтезирована в 1956 году японскими учеными в области химии. Опираясь на опыт японских ученых и достижения современной науки, российской Группой Компаний BONTEL разработан высокоэффективный огнетушащий состав, и спектр противопожарной продукции на его основе, под торговой маркой «BONTEL».

Продукцию BONTEL, на основе уникальной органической жидкости часто выбирают для решения самых ответственных задач: обеспечение безопасности в центрах обработки данных, серверных и социально-значимых объектах, а также для защиты высокоточного оборудования. Огнетушащий состав BONTEL можно применять даже в существующих водяных системах пожаротушения для улучшения их характеристик и повышенной гарантии пожарной безопасности.

Главными достоинствами продукции BONTEL является абсолютная экологическая безопасность и комбинированный способ тушения огня.

В настоящее время в России устройства пожаротушения с использованием огнетушащего вещества BONTEL представлены следующими изделиями:

- самосрабатывающие устройства пожаротушения (ампулы BONPET);
- воздушно-эмульсионные огнетушители;
- модульные установки пожаротушения (тонкий распыл огнетушащих веществ с помощью оросителей).

Устройства и установки могут использоваться как самостоятельные системы, так и интегрироваться с уже установленными на объектах автоматическими устройствами пожаротушения. Кроме того, для крупных и потенциально-опасных объектов возможно проектирование и изготовление установок для подмеса огнетушащего состава (через трубку Вентури) или специализированных систем пожаротушения.

Устройство пожаротушения BONPET системы BONTEL предназначено для тушения пожаров в качестве автономного средства.

Устройство BONPET представляет собой герметичную стеклянную ампулу, выполненную из травмобезопасного стекла и заполненную специальной жидкостью BONPET. При пожаре, по мере возрастания температуры, в ампуле с жидкостью BONPET начинается реакция. В результате, внутри ампулы возрастает давление. Когда температура жидкости достигает 90°C, ампула разрушается и распыляет содержимое над очагом пожара. При этом часть жидкости переходит в газообразную фазу. Огнетушащая жидкость воздействует на зону горения комбинированным способом – создается охлаждающий эффект и вытесняется кислород из очага пожара. На потушенной поверхности образуется тонкий слой пленки, который препятствует повторному возгоранию. Данная пленка легко удаляется при помощи влажной тряпки, но даже если этого не сделать она полностью разлагается через 24 часа.

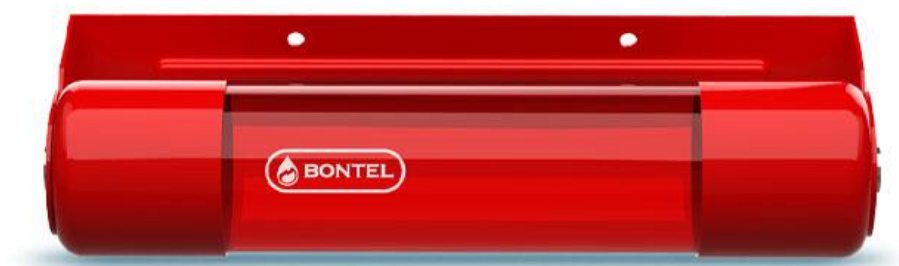


Рисунок 3 – Устройство пожаротушения BONPET в виде ампулы

Преимущества продукции BONTEL: экологическая безопасность; автономность и энергонезависимость; простота монтажа и эксплуатации; минимизация вторичного ущерба оборудованию.

Огнетушители BONTEL – это сверхэффективные огнетушители, способные справиться с возгораниями как сложных тлеющих веществ, таких как резина, так и горючих жидкостей, таких как бензин и дизельное топливо.

Различные объемы огнетушителей BONTEL от 2 до 100 литров позволяют применять их как в быту, для защиты домов, автомобилей и офисов, так и на промышленных объектах, заправочных комплексах, складах и производствах.



Рисунок 4 – Устройство пожаротушения BONTEL в виде огнетушителей

Модули BONTEL представляют собой компактные баллоны объемом от 2 до 16 литров, с жидким огнетушащим составом BONTEL. Применяемые в конструкции изделия из высококачественных и долговечных материалов – нержавеющей стали для производства корпуса и никелированных латунных элементов, позволяет уберечь устройство от ржавчины, коррозии и снижает риск возможных механических повреждений. Они устанавливаются локально над защищаемым местом или по всей площади помещения.



Рисунок 5 – Подвесной модуль пожаротушения

На данный момент существует несколько видов систем пожаротушения: наиболее распространенные это порошковые, газовая и водяная. В каждом виде существует ряд преимуществ так порошковая система наиболее дешевая, водяная безопасна для человека, с газовой же системой минимален риск повреждения имущества. Но при очевидных плюсах минусы существенно перевешивают. Порошок прикипает к поверхности и наносит необратимый вред имуществу, при сработке водяной системы пролив длится не менее часа и ущерб по всей площади очевиден. Газовая система может работать только в отсутствие человека, так как газ смертельно опасен. От применения определенного вида системы пожаротушения зависит многое, в связи с этим важность работы и анализа в этой сфере является актуальной задачей современности.

## **4. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИДКОФАЗНЫХ ОГNETУШАЩИХ СОСТАВОВ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ**

В данном разделе выпускной квалификационной работы будет проведена сравнительная характеристика жидкофазных огнетушащих составов по соответствующим критериям оценки таких составов.

В ходе работы, рассмотрены основные показатели составов, по которым можно говорить об эффективности применения жидкофазного огнетушащего состава. Определяющими факторами при выборе огнетушащего состава являются время тушения и расход вещества или другими словами огнетушащая способность. Немаловажным фактором также является способность составов препятствовать повторному возгоранию.

Итак, определим основные критерии оценки эффективности жидкофазных огнетушащих составов:

1. Поверхностное натяжение раствора пленкообразующего пенообразователя, мН/м;
2. Коэффициент растекания Гаркинса, мН/м;
3. Температура застывания, °С;
4. Кинематическая вязкость,  $\text{мм}^2 \times \text{с}^{-1}$
5. Время тушения пожара, с
6. Удобство подачи в зону горения;
7. Безопасность для человека и окружающей среды.

Для начала определим, что представляет из себя каждый из рассматриваемых параметров.

Поверхностное натяжение раствора это термодинамическая характеристика поверхности раздела двух находящихся в равновесии фаз, определяемая работой обратимого изотермокинетического образования единицы площади этой поверхности раздела при условии, что температура, объём системы и химические потенциалы всех компонентов в обеих фазах остаются постоянными.

Коэффициент растекания Гаркинса это коэффициент, учитывающий то, что растекание жидкости происходит в том случае, если работа адгезии превышает работу когезии растекания жидкости. Это своеобразная характеристика растекания жидкости и заполнение ею всех свободных мест рассматриваемого участка. Адгезия – в физике сцепление поверхностей разнородных твёрдых и/или жидких тел. Когезия – сцепление молекул (ионов)

физического тела под действием сил притяжения. агрегатное состояние, летучесть, растворимость, механические свойства и т. д.

Температура застывания, °С это температура, при которой вещество в жидкой фазе в стандартных условиях теряет подвижность в связи с переходом вещества из области обычной вязкости к структурной.

Кинематическая вязкость,  $\text{мм}^2 \times \text{с}^{-1}$  – одно из явлений переноса, свойство текучих тел (жидкостей и газов) оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой. В результате работа, затрачиваемая на это перемещение, рассеивается в виде тепла.

Время тушения пожара определяется как время, отсчитываемое от момента начала воздействия сил и средств пожарной охраны, а также использования методов и приемов для ликвидации пожара до момента тушения пожара.

Удобство подачи в зону горения это способность состава обеспечивать тушение очага возгорания самым легким способом.

Безопасность для человека и окружающей среды это способность составов не оказывать вредного, приносящего ущерб жизни и здоровью человека и состоянию окружающей природной среды.

Изучив каждый вид жидкофазного огнетушащего состава, и опираясь на основные критерии оценки для определения эффективности, составим сводную сравнительную таблицу для анализа данной эффективности.

Таблица 11 – Сравнительная характеристика жидкофазных огнетушащих составов.

Жидкофазный огнетушащий состав	Критерии оценки эффективности						
	Поверхностное натяжение раствора, мН/м;	Коэффициент растекания Гаркинса, мН/м;	Температура застывания, °С не выше, минус	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> ×с <sup>-1</sup>	Время тушения пожара, с	Удобство подачи в зону горения	Уровень Безопасности
<b>Вода</b>	7,25×10 <sup>-3</sup>	-	0	0,01	Разное: в зависимости от класса пожара и загораемых веществ	простота и регулируемость подачи	Абсолютно безопасна; нетоксична
<b>Хладоны:</b>							
Хладон 125(НFC-125)	составы имеют небольшое	-	160	5 при 100°С	60	Удобство подачи в зону горения; эффективность	Способны оказывать разрушающее воздействие на озоновый слой



Хладон 227 ea (FM- 200)	поверхност ное натяжение и обладают гораздо лучшей смачивающ ей способность ью	-	160	5 при 100°C	60	применения	
<b>Пенообразователи целевого применения:</b>							
ПО-6НП	17	1,0	8	100	250-300	Простота и регулируемость подачи	не оказывают канцерогенного и мутагенного воздействия
САМПО	17	1,0	10	100	300		
<b>Пенообразователи общего применения:</b>							
ПО-6К	17	0,8-1,0	3	40	300	Простота и регулируемость подачи	не оказывают канцерогенного и мутагенного воздействия.
ПО-6ТС	17	0,8-1,0	3	40	300		

Из анализа данной таблицы можно сделать следующие выводы об эффективности:

1. Вода, как основной огнетушащий жидкостный состав, несмотря на абсолютную безопасность воздействия для окружающей среды и человека, имеет относительно низкий показатель поверхностного натяжения раствора и показатель кинематической вязкости. Это говорит о низкой способности образования на поверхности раздела пленки для изоляции поступления кислорода. Вода также имеет низкую температуру застывания, в отличие от пенообразователей, что осложняет ее использование в зимний период. Обладает относительно низкой проникающей способностью. Вода выступает в качестве основного охлаждающего состава – в этом ее основное и главное преимущество.

2. Хладоны, как жидкофазные огнетушащие жидкофазные вещества, также имеют небольшое поверхностное натяжение и обладают гораздо лучшей смачивающей способностью. Высокая смачивающая способность позволяет значительно снизить поверхностное натяжение раствора. В связи с этим жидкофазные огнетушащие хладоны обладают хорошей проникающей способностью, за счет чего достигается наибольший эффект в тушении пожаров.

На эффективность хладонов оказывает значительное влияние температура кипения. При низких значениях противопожарный агент начинает кипеть и поступает в помещения в виде газа, что снижает скорость распространения в больших объемах. При положительной температуре кипения хладоны распыляются в виде жидкости и быстрее достигают зоны горения. Поэтому жидкофазный вид хладонов находит широчайшее применение. Одним из главных недостатков использования хладонов является его негативное поражающее воздействие на озоновый слой. В связи с этим использование хладонов в промышленности ограничено. Ожидается, что к 2015 году будет достигнуто десятикратное сокращение объема используемых хладонов, а к 2030 г. станет возможным полный отказ от применения ГОТВ, способствующих глобальному потеплению. Первыми под действие запрета попали бромсодержащие хладоны типа 12B1 ( $\text{CF}_2\text{ClBr}$ ), 13B1 ( $\text{CF}_3\text{Br}$ ) и 114B2 ( $\text{CF}_2\text{BrCF}_2\text{Br}$ ), признанные озоноразрушающими веществами.

Хладоны имеют следующие основные преимущества: не проводят электричество; не вызывают коррозии; тушат тлеющие материалы; могут использоваться при тушении общего объема помещений и точечном тушении оборудования, находящегося в общем помещении; имеют относительно низкое давление хранения, благодаря чему их легко перевозить и складировать; эффективно подавляют огонь при минимальной концентрации газа в воздухе.

3) Пенообразователи, как жидкофазные огнетушащие составы являются самыми распространенными и эффективными по своему использованию. Основное применение – генерирование пены низкой и средней кратности для тушения пожаров класса А и лесных

пожаров. Служат в основном для снижения поверхностного натяжения воды и работают как смачиватель, ввиду повышенного поверхностного натяжения раствора пенообразователей.

Основное и главное преимущество использования пенообразователей –это способность при контакте с полярной жидкостью образовывать полимерную пленку, которая защищает пенный покров от разрушительного воздействия факторов окружающей среды.

Также следует упомянуть про преимущества и недостатки использования жидкофазных огнетушащих составов.

Основные положительные свойства пены (или пенообразователей) как огнетушащего вещества:

- 1) Хорошо заполняет объемы помещений, вытесняет нагретые продукты сгорания (в том числе токсичные), снижает температуру в помещении в целом, а также строительных конструкций, агрегатов, установок и т.п.
- 2) Прекращает пламенное горение и локализует тление веществ и материалов, с которыми соприкасается.
- 3) Создает условия для проникновения ствольщиков к очагам тления для дотушивания (при соответствующих мерах защиты органов дыхания и зрения от попадания пены).
- 4) Пена средней кратности является основным средством тушения ЛВЖ и ГЖ как в резервуарах, так и разлитых на открытой поверхности.

Основные отрицательные свойства пены (или пенообразователя) как огнетушащего вещества:

- 1) Пена взаимодействует с некоторыми веществами и материалами (пероксидами, карбидами, щелочными и щелочноземельными металлами и т.п.), которые поэтому нельзя тушить пеной.
- 2) Пена электропроводна, поэтому ее нельзя применять для тушения электроустановок, находящихся под напряжением; обладает высокими коррозионными свойствами.
- 3) Пена имеет малую механическую прочность, поэтому относительно быстро разрушается.

Основным преимуществом пенного тушения пожара, рассматривая их с позиции применения пенообразователей, является возможность сократить расход воды. Его можно применять даже на больших площадях. Пена по сравнению с обычной водой обладает лучшей смачивающей способностью.

Основной плюс пены в том, что она способна перекрыть очаг горения, очень быстро растекаясь по воспламенившейся поверхности, и пожар затихает в считанные минуты.

Рассматривая хладоны, как средство пожаротушения следует отметить, что их использование при тушении пожаров не очень опасно, т.к. огнетушащие концентрации по хладонам на порядок меньше смертельных концентраций при длительности воздействия до 4

часов. Термическому разложению подвергается примерно 5% массы хладона, поданного на тушение пожара, поэтому токсичность среды, образующейся при тушении пожара хладонами, будет намного ниже токсичности продуктов пиролиза и разложения. Это их основное преимущество. Кроме того, они обладают высокой термической стабильностью по сравнению с другими хладонами. Основным недостатком использования хладонов – его относительно низкая экологическая безопасность.

При использовании любых хладонов в защищаемом помещении остается достаточно кислорода для свободного дыхания людей. С точки зрения нанесения ущерба здоровью людей из-за токсичности ГОТВ следует принять во внимание, что при экспозиции в пределах нескольких минут хладоны безопасны. Пребывание же в атмосфере двуокиси углерода даже самое короткое время приводит к гибели человека из-за высокой токсичности данного ГОТВ. Термическому разложению подвергается менее 5% массы хладона, поданного на тушение пожара и токсичность среды будет поразительно мала по сравнению с токсичностью продуктов пиролиза и разложением продуктов горения.

Говоря о воде, следует отметить следующие основные преимущества и недостатки. Одно из важных достоинств воды как средства огнетушения – постоянное наличие ее в любой лаборатории практически в неограниченном количестве. Для тушения небольших очагов пламени всегда можно взять воду в ближайшем водопроводном кране. При необходимости подачи большого количества воды пользуются внутренним пожарным водопроводом.

Особенно эффективно применение воды для тушения обычных твердых горючих материалов – дерева, бумаги, угля, резины, тканей, а также хорошо растворяющихся в воде ГЖ – ацетона, низших спиртов, органических кислот.

Однако, несмотря на очевидные преимущества и в ряде случаев высокую эффективность воды, как огнетушащего средства, в условиях помещений область ее применения весьма ограничена. Вода обладает значительной электропроводимостью и поэтому не может быть использована для тушения горящего электрооборудования, находящегося под напряжением. Нельзя применять воду, если в зоне пожара находятся вещества, бурно с ней реагирующие. В некоторых случаях применение воды приводит не к прекращению, а к усилению горения.

## **5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Цель исследования – определение потребности в интеллектуальных и материальных ресурсах, необходимых для проведения комплекса этих работ. Суть работы заключается в проведении анализа жидкофазных огнетушащих составов с целью выявления наилучших и эффективных среди них. В ходе исследования необходимо решить следующие задачи:

- Планирование научно-исследовательских работ;
- Определение структуры работ в рамках научного исследования;
- Определение трудоемкости проведения работ;
- Разработка графика проведения научного исследования;
- Расчет материальных затрат НИТИ;
- Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

### **5.1 Жидкофазные огнетушащие вещества охлаждения**

Огнетушащие вещества охлаждения понижают температуру зоны реакции или горящего вещества.

Процесс горения можно охарактеризовать динамикой выделения тепла в данной системе. Если каким-либо образом организовать отвод тепла с достаточно большой скоростью, то это приведет к прекращению горения. Также отвод тепла способствует предотвращению взрыва, если при пожаре образуются взрывоопасная среда. Отвод тепла наиболее рационально обеспечивать введением специальных хладагентов. Такой способ охлаждения позволяет легко регулировать скорость теплоотвода, изменяя интенсивность введения хладагента.

**Вода** – основное жидкофазное огнетушащее вещество охлаждения, наиболее доступное и универсальное. Хорошее охлаждающее свойство воды обусловлено её высокой теплоемкостью  $C = 4187 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$  при нормальных условиях.

**Вода со смачивателями** - для повышения смачивающей (проникающей) способности воды в неё добавляют различные смачиватели. Последние, благодаря снижению поверхностного натяжения, также способствуют повышению дисперсности распыленной воды.

**Хладоны (фреоны)** как универсальные огнетушащие вещества, находящиеся не только в газообразном, но и в жидком состоянии применяются для тушения различного рода пожаров. В данном случае они находят свое применение, в качестве жидкофазных огнетушащих составов охлаждающего действия.

Таблица 1

*Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)*

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Вода	Вода со смачивателями	Хладоны	Вода	Вода со смачивателями	Хладоны
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	5	3	4	5	1	4	5
2. Надежность	5	2	2	4	2	3	4
3. Уровень шума	2	4	4	3	3	4	5
4. Безопасность	5	5	4	4	5	4	4
5. Простота эксплуатации	4	5	4	3	5	4	4
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	3	2	4	4	4	3	3
2. Цена	4	5	3	3	5	4	3
3. Предполагаемый срок эксплуатации	5	5	3	3	5	3	3
4. Срок выхода на рынок	3	5	3	3	5	4	4
5. Наличие сертификации разработки	5	1	5	5	1	5	5
<b>Итого</b>	<b>40</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>38</b>	<b>40</b>

## 5.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса работ осуществляется в следующем порядке:

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

Таблица 2 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Выдача задания по тематике проекта	Научный руководитель
Выбор направления исследований	3	Постановка задачи	Научный руководитель
	4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Научный руководитель, студент
	5	Подбор литературы по тематике работы	Студент
	6	Сбор материалов и анализ существующих разработок	Студент
Теоретические и экспериментальное исследования	7	Проведение теоретических и экспериментальных расчетов и обоснований	Студент
	8	Анализ конкурентных методик	Студент
	9	Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Студент
	10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Студент, научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент
	12	Работа над выводами по проекту	Студент
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки к работе	Студент

### 5.3 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (2)$$

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

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

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

#### 5.4 Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (3)$$

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 следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (4)$$

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

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

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

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2015 год, количество календарных дней составляет 365 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных – 104 дней, а количество предпраздничных дней – 14, таким образом:

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48,$$

$$k_{кал} = 1,48.$$



Все полученные значения заносим в таблицу (табл.).

После заполнения таблицы , строим календарный план-график (табл.3). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяем различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 3 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{ож}$ , чел-дни				Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3							
Составление и утверждение темы проекта	2	2	2	5	5	5	3,2	3,2	3,2	Руководитель	3	3	3	5	5	5
Выдача задания по тематике проекта	1	1	1	2	2	2	1,8	1,8	1,8	Рук.–студент	2	2	2	3	3	3
Постановка задачи	1	1	1	2	2	2	1,8	1,8	1,8	Студент	2	2	2	3	3	3
Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	3	1	2	5	2	4	3,8	1,8	2,8	Рук. – студ.	2	1	1,5	3	1	2
Подбор литературы по тематике работы	7	6	7	10	8	10	8,2	6,8	8,2	Студент	8	7	8	12	10	12
Сбор материалов и анализ существующих методик	14	14	14	17	17	17	15,2	15,2	15,2	Студент	15	15	15	23	23	23
Проведение теоретических и экспериментальных расчетов и обоснований	7	7	7	9	9	9	7,8	7,8	7,8	Студент	8	8	8	12	12	12
Анализ конкурентных методик	5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Студент	6	6	6	9	9	9
Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	3	2	3	5	4	3	3,4	2,4	3,4	Рук. – студ.	3	1	3	4	2	4
Согласование полученных данных с научным руководителем	2	1	2	5	3	4	3,2	1,8	2,8	Рук. – студ.	1,5	1	1,5	2	1	2
Оценка эффективности полученных результатов	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Студент	2,5	2,5	2,5	4	4	4
Работа над выводами по проекту	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Студент	2	2	2	3	3	3
Составление пояснительной записки к работе	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Студент	5	5	5	7	7	7

Таблица 4 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	5	■										
2	Выдача задания по тематике проекта	Студент	3		■									
3	Постановка задачи	Студент	3			■								
4	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Руководитель, Студент	3			■								
5	Подбор литературы по тематике работы	Студент	12				■							
6	Сбор материалов и анализ существующих методик	Студент	23					■						
7	Проведение теоретических и экспериментальных расчетов и обоснований	Студент	12							■				
8	Анализ конкурентных методик	Студент	9								■			
9	Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Руководитель, Студент	4									■		
10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Руководитель, Студент	2										■	
11	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	4										■	
12	Работа над выводами	Студент	3											■
13	Составление пояснительной записки к работе	Студент	7											■

■ – студент; ■ – научный руководитель.

## 5.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ необходимо обеспечить полное и верное отражение различных видов расходов, связанных с его выполнением.

### 5.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (5)$$

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

$N_{расxi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15 – 25% от стоимости материалов.

Таблица 5 – 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
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	345	236	169
Картридж	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1150	1150	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	1	1	350	350	350	402,5	402,5	402,5
Ручка	шт.	1	1	1	20	20	20	23	23	23
Дополнительная литература	шт.	2	1	1	400	350	330	920	402,5	379,5
Тетрадь	шт.	1	2	1	10	10	10	12,5	12,5	12,5
Электроэнергия	кВт/час	34	39	41	2,7	2,7	2,7	105,57	121,1	127,31
Итого								2958,57	2347,6	2263,81

### Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Согласно исследованию, приведенному в данной работе, затраты по статье «специальное оборудование для научных работ» не предусматриваются.

### Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Таблица 6 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	2	3,6	3,6	3,6	7,2	7,2	7,2
2.	Выдача задания по тематике проекта	Руководитель, студент	1	1	1	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
3.	Постановка задачи	Студент	1	2	1,5	0,8	0,8	0,8	0,8	1,6	1,2
4.	Определение стадий, этапов и сроков разработки проекта	Руководитель, студент	2	1	1,5	4,4	4,4	4,4	8,8	4,4	6,6
5.	Подбор литературы по тематике работы	Студент	7	9	8	0,8	0,8	0,8	5,6	7,2	6,4
6.	Сбор материалов и анализ существующих методик	Студент	14	15	15	0,8	0,8	0,8	11,2	12	12
7.	Проведение теоретических и экспериментальных расчетов и	Студент	8	8	8	0,8	0,8	0,8	6,4	6,4	6,4
8.	Анализ конкурентных методик	Студент	5	6	5	0,8	0,8	0,8	4	4,8	4

Продолжение таблицы 6.

9.	Выбор наиболее подходящей и перспективной методики	Руководитель, Студент	3	1,5	3	4,4	4,4	4,4	13,2	5,9	13,2
10.	Согласование полученных данных с научным руководителем	Руководитель, Студент	2	1	1,5	4,4	4,4	4,4	8,8	4,4	6,6

11.	Оценка эффективности полученных результатов	Студент	2	2,5	3	0,8	0,8	0,8	1,6	2	2,4
12.	Работа над выводами по проекту	Студент	2	2	2	0,8	0,8	0,8	1,6	1,6	1,6
13.	Составление пояснительной записки к работе	Студент	6	5	6	0,8	0,8	0,8	4,8	4	4,8
Итого:									66	65,9	76,8

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6)$$

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

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

Максимальная основная заработная плата руководителя (доктора наук) равна примерно 32400 рублей, а студента 44000 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (7)$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таким образом, заработная плата руководителя равна 37260 рублей, студента – 51060 рублей.

#### **Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (8)$$

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

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 7 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	36000	23400	32400	5400	3510	4860
Студент-дипломник	42400	43200	44400	6360	6480	6660
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	24433,4 руб.					
Исполнение 2	20755,9 руб.					
Исполнение 3	23934,7 руб.					

### Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (9)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы равны:

при первом исполнении  $Z_{\text{накл}} = 103291 \cdot 0,16 = 16526,6$  руб.

при втором исполнении  $Z_{\text{накл}} = 98881,5 \cdot 0,16 = 15821,04$  руб.

при третьем исполнении  $Z_{\text{накл}} = 114526,5 \cdot 0,16 = 18324,24$  руб.

### Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 8 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	2958,57	2347,6	2263,81	Пункт 4.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	-	-	-	Пункт 4.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	66000	65900	76800	Пункт 4.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	9900	9885	11520	Пункт 4.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	24433,4	20755,9	23943,7	Пункт 4.4.5
6. Накладные расходы	16526,6	15821,04	18324,24	16 % от суммы ст.1-5
7. Бюджет затрат НТИ	119818,5	114709,5	132851,7	Сумма ст. 1- 6

Для выполнения данной исследовательской работы необходимо построить диаграмму Ганта, которая наглядно отражает продолжительность исследования.

Общие затраты научно-исследовательской работы:

Для исполнения 1 = 119818,57; исполнения 2 = 114709,54; исполнения 3 = 132851,75.



## 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### Введение

В данном разделе выпускной квалификационной работы будут рассмотрены вредные и опасные производственные факторы.

Представленная выпускная квалификационная работа является исследовательской, поэтому в разделе производственная и экологическая безопасность может быть описано рабочее место оператора ПК.

Основные факторы, определяющие категорию повышенной опасности при работе за ПК это:

- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень шума в рабочей зоне;
- поражение электрическим током;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;

Данный раздел выполнен на основе Федеральных Законов, ГОСТов, и положений по охране труда

### 6.1 Производственная безопасность

Таблица №1 Опасные и вредные факторы при работе за ПК.

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Длительная работа перед экраном монитора. 2. Проведение очистки системного блока. 3. Работа в окружении других видов техники (устройства печати, другие ПК).	1. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 2. Повышенный уровень шума в рабочей зоне 3. повышенная или пониженная влажность воздуха;	1. Поражение электрическим током;	ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. (Действующий). ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности (Действующий) ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования

			безопасности (Действующий).  ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны» (Действующий).  СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. (Действующий)
--	--	--	---

#### **Анализ вредных и опасных производственных факторов**

##### **Вредные факторы.**

##### **1). Вредные производственные факторы, связанные со световой средой.**

Недостаток освещенности на рабочем месте существенно осложняет проведение работ и отрицательно влияет на состояние аппаратчика, приводя к усталости глаз и снижению внимания.

Для устранения данного негативного фактора необходимо использовать дополнительное освещение (дополнительные лампы, переносные светильники), согласно СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. (Действующий).

##### **2). Вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем шума в рабочей зоне.**

Еще одним вредным фактором, влияющим на работу оператора, является шум. Шум возникает от работы различного рода установок: преобразовательные агрегаты, установки адсорбционной осушки. Шум негативно влияет на работоспособность оператора, воздействуя на органы слуха, а также сердечно-сосудистую и нервную системы.

Одним из способов борьбы с шумом является применение наушников.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука прописаны в СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА, указаны в таблице 2.

Таблица 2.

Категории напряженности трудового процесса	Категории тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
1	2	3	4	5	6
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

### 3). Микроклимат

Параметры микроклимата являются оптимальными, если они при систематическом и длительном воздействии на человека гарантируют сохранение адекватного функционирования и теплового состояния организма, создают условия теплового оптимума и являются основой для высокого уровня работоспособности. Допустимые и оптимальные значения параметров микроклимата устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88, исходя из категории тяжести выполняемой работы, величины избытков явного тепла и периода года.

На условия работы в помещении влияют такие параметры как температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Нормы параметров микроклимата для помещения без избытка выделения тепла для работ второй категории тяжести приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений.

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
-------------	--	-------------------------	-----------------------------	------------------------------------	--------------------------------

<b>Холодный</b>	Па (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	Пб ( 233-290)	17-19	16-20		
<b>Теплый</b>	Па (175-232)	20-22	19-23		0,2
	Пб ( 233-290)	19-21	18-22		

В исследуемом помещении температура: зимой  $t=20-22^{\circ}\text{C}$ ; летом  $t=22-25^{\circ}\text{C}$ . Влажность 55%. Эти данные соответствуют нормам.

### **Опасные факторы.**

#### **1). Электробезопасность**

В соответствии с ГОСТ 12.1.019-79\* "ССБТ. Электробезопасность. общие требования и номенклатура видов защиты".

Стандарт распространяется на электроустановки производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации и устанавливает общие требования по предотвращению опасного и вредного воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитного поля, а также номенклатуру видов защиты работающих от воздействия указанных факторов. Стандарт не устанавливает требований и номенклатуры видов защиты от статического и атмосферного электричества.

- электрический ток неизмерим, не имеет ни запаха, ни цвета, действует бесшумно, исходя из этого его нельзя обнаружить органами чувств до начала его действия на организм;
- невозможно без специальных приборов определить наличие напряжения в проводниках;
- электрический ток при определенных условиях может оказывать повреждающее действие не только при непосредственном соприкосновении с ним, но и через предметы, которые человек держит в руках, и даже на расстоянии;
- ток повреждает ткани на всем пути прохождения через тело человека;
- при действии электрического тока может наблюдаться несоответствие между тяжестью поражения и длительностью его воздействия;
- источником поражения могут быть предметы, не имеющие никакого отношения к электрической установке, даже сами пострадавшие, пока они соприкасаются с проводником тока для тех, кто оказывает им

помощь;

Чаще всего встречаются две электротравмы: электрический удар и электрический ожог. Они поражают сердечно - сосудистую и центральные системы вызывая судороги , которые «приковывают» человека к источнику тока, при этом самостоятельно пострадавший не может освободиться, что может привести к отягощению травмы (останова дыхания, поражения центральной нервной системы)Для спасения пострадавшего необходимо как можно быстрее освободить его от действия электрического тока, а затем оказать ему первую медицинскую помощь.

Наиболее частые причины электротравм:

1. Прикосновение или приближение на недопустимое расстояние к токоведущим частям, которые находятся под напряжением (неисправность электропроводки, установочных изделий, электроприборов и т.д) 2. Прикосновение к металлическому корпусу электроприбора, если он оказался под напряжением вследствие повреждения изоляции.

В промышленных электроустановках средством защиты служит заземление корпуса. Средством защиты служит полы, изготовленные из изолирующих материалов (дерево, линолеум и др.). Поэтому электрический прибор в металлическом корпусе может быть установлен только на таком полу.

Методы защиты:

При работах в распределительных устройствах применяются следующие виды средств защит:

Электрозащитные средства

Все электрозащитные средства делятся на 2 группы: основные и дополнительные.

I. Средства защиты от электрических полей повышенной напряженности:

1. Индивидуальный экранирующий комплект — требуется для выполнения работ на потенциале земли в ОРУ (открытом распределительном устройстве) и на потенциале ВЛ (воздушной линии электропередачи).

2. Различные экранирующие устройства (переносные и съемные).

3. Плакаты и знаки безопасности:

4. Переносное заземление:

II. Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

## **6.2 Экологическая безопасность.**

Многое сырье, используемое в сборке компьютеров, является токсичным.

Ископаемое топливо лишь усугубляет нерешенную проблему глобального потепления.

Отходы производства также не исчезают, превращаясь в свалки, или перерабатываются, оказывая плохое влияние на экологию.

Многие пользователи и производители ошибаются, полагая, что с уменьшением и усовершенствованием компьютеров, их негативное влияние на экологию

уменьшается. Поэтому имеет место важность вторичного использования оборудования. Прежде чем выбросить гаджет в мусор, лучше окончательно убедиться, что он не подлежит восстановлению и только потом обращаться в конфигуратор компьютера. Возможно, он будет частично полезен в другой сборке.

### **6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.**

Чрезвычайная ситуация - обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Причинами возникновения ЧС являются: неисправность электроустановок, перегрузка сетей, неосторожность в обращении с электроустановками, износ оборудования и механизмов и т.д.

В здании учебного центра в каждом отделе, располагается множество технических средств: факсы, принтеры, персональные компьютеры. Если не соблюдать правила техники безопасности, это может привести к пожару.

С целью уменьшения материального ущерба, вреда жизни и здоровью сотрудников реализуется комплекс профилактических мероприятий, направленных на предупреждение и устранение факторов риска пожара.

Мероприятия по пожарной профилактике подразделяются на организационные, технические, режимные, эксплуатационные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования зданий, территории, своевременный инструктаж работающих по пожарной опасности, проведение занятий по пожарно-техническому минимуму, создание добровольных пожарных дружин, проверку их готовности к пожаротушению, тренировки, создание пожарно-технических комиссий и др. Предприятия должны быть обеспечены противопожарными инструкциями, подъездов к зданиям и источникам воды, хранение веществ и материалов, режим курения, содержание средств пожаротушения в исправном состоянии, вызов пожарной охраны.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных норм и правил при конструировании и проектировании зданий, оборудования, содержание в исправном состоянии оборудования, строгий контроль за соблюдением правил эксплуатации оборудования и соблюдения правил и инструкций по противопожарной безопасности, применение автоматических устройств обнаружения, оповещения и тушения пожаров.

Мероприятия режимного характера регулируют режим и правила работы. Курение допускается только в специально отведенных местах, оборудованных урнами и емкостями с водой. В этих местах должны быть вывешены надписи «Место для курения».

Эксплуатационными мероприятиями являются своевременные ремонты, осмотр,

испытания оборудования.

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

Федеральный закон «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера» определяет общие для РФ организационно-правовые нормы в области защиты населения, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах РФ, объектов производственного и социального назначения, а так же окружающей природной среды от ЧС природного и техногенного характера.

Целями трудового законодательства являются установление государственных гарантий трудовых прав и свобод граждан, создание благоприятных условий труда, защита прав и интересов работников и работодателей.

Основными задачами трудового законодательства являются создание необходимых правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений, интересов государства, а также правовое регулирование трудовых отношений и иных непосредственно связанных с ними отношений по:

организации труда и управлению трудом;

трудоустройству у данного работодателя;

профессиональной подготовке, переподготовке и повышению квалификации работников непосредственно у данного работодателя;

социальному партнерству, ведению коллективных переговоров, заключению коллективных договоров и соглашений;

участию работников и профессиональных союзов в установлении условий труда и применении трудового законодательства в предусмотренных законом случаях;

материальной ответственности работодателей и работников в сфере труда;

надзору и контролю (в том числе профсоюзному контролю) за соблюдением трудового законодательства (включая законодательство об охране труда);

разрешению трудовых споров.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы была выполнена стоящая цель, а именно проведен анализ эффективности использования жидкофазных огнетушащих составов. Выполнение цели обеспечивалось выполнением следующих основных задач:

1. Выполняя литературный обзор, изучены и проклассифицированы все имеющиеся огнетушащие вещества с позиции их воздействия на определенную грань пожарного тетраэдра.

2. Изучены жидкофазные огнетушащие составы, такие как вода, вода со смачивателями, пены различных видов, жидкие хладоны и различные пенообразователи.

3. На основе имеющихся данных о жидкофазных огнетушащих составах, проведен их сравнительный анализ по некоторым критериям оценки эффективности.

4. В ходе исследования также рассмотрены современные тенденции в применении огнетушащих составов, а именно изучены огнетушащие составы на основе жидкого стекла, перспективы применения хладонов, как химически тормозящих реакцию горения веществ, в системах пожаротушения, а также рассмотрена новейшая инновационная разработка в технологиях пожаротушения и противопожарной безопасности BONTEL.

В результате проведенного анализа литературных данных были выявлены наиболее эффективные жидкофазные огнетушащие составы, проведена их сравнительная характеристика, приведены основные преимущества и недостатки использования данных составов в современных системах пожаротушения.

Из проведенного анализа имеющихся данных, следует сделать вывод о необходимости разработок в области улучшения показателей качеств водных составов, т.к. на их основе возможно создание различного рода эффективных огнетушащих составов.



## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Актуальность SMS-оповещения в повышении безопасности населения при угрозе возникновения ЧС/ Чалдаева Е.И.; Романцов И.И.// Экология и безопасность в техносфере: Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 27–28 ноября 2014 г. – Томск: Изд-во Томского Политехнического Университета, 2014 – С.380 – 382.
2. Оповещение об угрозе возникновения ЧС в образовательных учреждениях/ Чалдаева Е.И.; Романцов И.И.// Экология и безопасность в техносфере: Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 27–28 ноября 2014 г. – Томск: Изд-во Томского Политехнического Университета, 2014 – С.382 – 385.
3. Наводнение как ЧС природного характера на территории России/ Чалдаева Е.И.// Экология и безопасность в техносфере: Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 27–28 ноября 2014 г. – Томск: Изд-во Томского Политехнического Университета, 2014 – С.401 – 404.
4. Наводнение как природная чрезвычайная ситуация / Чалдаева Е. И. // Неразрушающий контроль: сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность»: в 2 т. / Томский Политехнический Университет – Т.2. – 26–30 мая 2014 г. – Томск: Изд-во Томского Политехнического Университета, 2014 – С.230 – 233.
5. Актуальность эффективного оповещения о возникновении чрезвычайной ситуации в образовательных учреждениях с применением программно-аппаратного комплекса «Стрелец-Мониторинг» / Толкачев М.И., Чалдаева Е. И., Романцов И.И. // Неразрушающий контроль: сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность»: в 2 т. / Томский Политехнический Университет – Т.2. – 26–30 мая 2014 г. – Томск: Изд-во Томского Политехнического Университета, 2014 – С.240 – 242.
6. Математическое моделирование загрязнения окружающей среды от автотранспорта / Чалдаева Е. И. // Неразрушающий контроль: сборник трудов IV Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность»: в 2 т. / Томский Политехнический Университет – Т.2. – 26–30 мая 2014 г. – Томск: Изд-во Томского Политехнического Университета, 2014 – С.256 – 259.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспаятный Г.Л., Фотов Ю.А. /Предельно допустимые концентрации химических веществ в воздухе и воде. – Л.: Химия, 1985. – 528 с.
2. Выбор типа автоматических установок пожаротушения: Рекомендации. – М.: ВНИИПО, 1991. – 111 с.
3. ГОСТ 12962-80. Генераторы пены средней кратности. Технические условия.
4. ГОСТ 11101-73. Ствол воздушно-пенный. Технические условия.
5. Средства и нормы тушения: (Рекомендации) – М.: ВНИИПО, 1985 – 7 с.
6. ГОСТ 4.99-83. СПКП. Пенообразователи для тушения пожаров. Номенклатура показателей.
7. ГОСТ Р 50588-93. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний.
8. ГОСТ 12.4.011-89. ССБТ. Средства защиты работающих. Классификация.
9. ГОСТ 1510-84. Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.
10. ГОСТ 2517-85. Нефть и нефтепродукты. Метод отбора проб.
11. Грушко Я. М. Вредные органические соединения в промышленных сточных водах: Справочник. - Л.: Химия, 1982. – 525 с.
12. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
13. Повзик Я.С. Пожарная тактика: М.: ЗАО «Спецтехника», 2004. – 416с.
14. Терещнев В.В. Пожарная тактика: , 2007.
15. А. А. Мельник, С.А. Техтерков, Н. В. Мартинович, Ж. С. Калюжина – Справочник начальника караула пожарной части. – Справочник / Сибирская пожарно-спасательная академия - филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, 2014.
16. Терещнев В.В., Смирнов В.А., Семенов В.А., Пожаротушение (Справочник). 2-е издание. - Екатеринбург: ООО Издательство «Калан», 2012г. – 472с. 6. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987.
17. Определение нормативного запаса пенообразователя для тушения горючих жидкостей в резервуарах: (Рекомендации). – М.: ВНИИПО, 1986. - 29 с.
18. Охрана труда / Под ред. Князевского Б.А. – М.: Высш. шк., 1982. – 320 с.
19. Белов СВ. и др. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Изд. МГТУ, 1993. – 450с.
20. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергия, 1981 – 590с.

21. ГОСТ 12.1.019-2009 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. Государственный стандарт от 10.12.2009
22. ГОСТ 12.1.033-81. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения.
23. ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
24. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
25. В.А.Лотов, А.П.Смирнов, Л.Г.Лотова. Водный раствор для тушения пожаров. Патент на изобретение №:2275951.