

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности
(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Новые технологии пожаротушения на особо взрывоопасных объектах

Обучающийся

М.П. Попов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент А.В. Щипанов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Содержание

Термины и определения.....	3
Перечень обозначений и сокращений.....	4
Введение.....	5
1. Анализ применения технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах.....	8
1.1. Нормативно-правовое обеспечение эксплуатации особо взрывоопасных объектов.....	8
1.2. Анализ и сравнение применяемых и новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах.....	20
2. Внедрение новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах.....	34
2.1. Критерии оценки эффективности новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах.....	34
2.2. Рекомендации по применению новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах.....	39
3. Опытно-экспериментальная апробация предлагаемой технологии пожаротушения на особо взрывоопасных объектах.....	50
3.1. Внедрение новой технологии пожаротушения на особо взрывоопасных объектах.....	64
3.2. Анализ и оценка эффективности внедрения предлагаемой технологии пожаротушения на особо взрывоопасных объектах.....	66
Заключение.....	73
Список используемых источников.....	75

Термины и определения

В настоящей работе используются следующие термины и определения:

Взрыв –внезапное резкое высвобождение энергии из-за быстрой химической реакции, приводящей к образованию сжатых газов и часто вызывающей повреждение или разрушение окружающей среды.

Взрывоопасная смесь — это смесь воздуха или окислителя с легковоспламеняющимися веществами (например, газами, парами, пылью или волокнами), которые при смешивании в определенной концентрации и воздействии источника возгорания могут вступить в взрывную реакцию.

Под взрывопожарной опасностью объекта защиты понимается состояние, при котором объект имеет возможность взрыва и возникновения пожара как самостоятельно, так и с возникновением пожара, приводящим к последующему взрыву.

Допустимый пожарный риск –относится к уровню риска, который считается приемлемым и разумным в конкретном социально-экономическом контексте. Это означает, что уровень риска считается оправданным на основе таких факторов, как потенциальные последствия пожара, доступные ресурсы для предотвращения и смягчения последствий пожара, а также социальные приоритеты.

Источником возгорания является любая форма энергии или стимула, запускающая процесс горения, приводящий к началу пожара или взрыва.

Класс функциональной пожарной опасности представляет собой классификацию, основанную на назначении, эксплуатации и особенностях зданий, сооружений и пожарных помещений. Учитываются конкретные производственные процессы, реализуемые на этих участках, для определения уровня их пожарной опасности.

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе используются следующие сокращения и обозначения:

Огнетушащее вещество (ОВ) - вещество, обладающее физико-химическими свойствами, способное создать условия прекращения горения;

Огнетушитель водный (ОВ) - огнетушитель с зарядом воды или воды с добавками (ГОСТ 12.2.047);

Огнетушитель воздушно-пенный (ОВП) - разновидность огнетушителей, содержащих водный раствор пенообразующих добавок и оснащенных специализированной насадкой. При активации раствор смешивается с воздухом, образуя пену, которая помогает тушить пожар, подавляя пламя и охлаждая помещение. Пенопластовый слой, помогает предотвратить повторное возгорание и контролировать пожар;

Огнетушитель порошковый (ОП) - это разновидность огнетушителя, содержащая заряд огнетушащего порошка. Он предназначен для тушения пожара путем распыления порошка в пламя, тушения огня и прерывания химической реакции, необходимой для горения;

Огнетушитель углекислотный (ОУ) - огнетушитель с зарядом двуокиси углерода (ГОСТ 12.2.047);

АА СПС - Адресно-аналоговая система пожарной сигнализации;

ААГ - Автоматизированный аэрозольный генератор;

ААСПС - Адресно-аналоговая система пожарной сигнализации;

АВД - Пожарный автомобиль с насосом высокого давления;

АВС - Аварийно-вызывная связь;

АППЗ - Автоматизированная противопожарная защита;

АПС - Автоматическая пожарная сигнализация;

АПТ - Система автоматического пожаротушения;

АСДУ - Автоматизированная система диспетчерского управления.

Введение

Повышенное внимание к пожарной безопасности, осторожности, высокой технологической дисциплине, соблюдению требований безопасности труда необходимо в связи с применением в различных отраслях промышленности и быту легковоспламеняющихся веществ и материалов, таких как нефтепродукты и природный газ. Сохранение и внедрение сложных и энергоемких технологий еще больше повышают потенциальную пожарную опасность.

Инновации в сфере противопожарной защиты иногда продвигаются медленно по сравнению с некоторыми другими отраслями промышленности. Законодательство, регулирование и правоприменительная практика - все это может препятствовать росту инноваций на рынке. Но это важная работа, поскольку способность внедрять инновации в этой отрасли спасает жизни.

Растущая сложность современной инфраструктуры и спрос на более устойчивые решения также подпитывают потребность в инновациях. К счастью, многие компании находятся на переднем крае разработки решений для улучшения, безопасности и повышения эффективности способов предотвращения и тушения пожаров.

Существующая технология пожаротушения не позволяет быстро тушить пожар на больших площадях, особенно на труднодоступных или опасных территориях (химические, нефтеперерабатывающие заводы, склады боеприпасов, аэрокосмические предприятия). Именно поэтому поиск и применением новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах является в настоящее время довольно актуальным направлением менеджмента в таких организациях.

Цель магистерской диссертации – определить вариант внедрения новой технологии пожаротушения на особо взрывоопасных объектах в ООО «ПФ Сокол» и рассчитать экономическую эффективность от ее внедрения.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

1. рассмотреть нормативно-правовое обеспечение эксплуатации особо взрывоопасных объектов;
2. провести анализ и сравнение применяемых технологий и новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах;
3. определить критерии оценки эффективности новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах;
4. дать рекомендации по применению новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах;
5. обеспечить проектное внедрение новой технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах;
6. проанализировать и оценить эффективность внедрения предлагаемой технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах.

Объект исследования - ООО «ПФ Сокол».

Предмет исследования - технологии пожаротушения на особо взрывоопасных объектах.

Тематические исследования завоевали репутацию эффективной методологии для изучения и понимания сложных проблем в реальных условиях. Тематические исследования использовались в ряде дисциплин, в частности в социальных науках, образовании, бизнесе, юриспруденции и здравоохранении, для решения широкого круга исследовательских вопросов. Следовательно, благодаря применению различных методологических подходов, тематические исследования претерпели существенное развитие. Перемены и прогресс произошли в результате параллельного влияние исторических подходов к исследованию и предпочтений отдельных исследователей, взглядов и интерпретаций тематических исследований.

Для решения поставленных перед настоящим исследованием задач, были использованы следующие методы исследования:

1) общенаучные:

– анализ, синтез, дедукция, систематизация, обобщение, сравнение;

2) специальные:

– SWOT-анализ,

– моделирование,

– методы математической статистики.

Это позволяет рассмотреть комплексно все имеющиеся проблемы процессов обеспечения пожарной безопасности на особо взрывоопасных объектах и определить перспективных направлений улучшения системы противопожарной защиты на них.

Структура магистерской диссертации состоит из введения, 3-х глав, заключения, содержит 3 рисунка, 11 таблиц, список используемой литературы и источников (54 источник). Основной текст работы изложен на 81 странице.

1 Анализ применения технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах

1.1 Нормативно-правовое обеспечение эксплуатации особо взрывоопасных объектов

Соблюдение требований безопасности и нормативных требований имеет решающее значение для обеспечения безопасного использования промышленных взрывчатых веществ. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору играет важную роль в надзоре за промышленной безопасностью, в том числе при производстве, хранении и использовании взрывчатых материалов в промышленных целях.

Федеральный закон от 4 мая 2011 года № 99-ФЗ предусматривает лицензирование оборота взрывчатых материалов промышленного назначения. Указанная лицензионная деятельность регулируется утвержденным Положением Правительства Российской Федерации (Постановление от 14 октября 2015 г. № 1102).

С 1 июня 2014 года в Таможенном союзе введен технический регламент «О безопасности взрывчатых веществ и продукции на их основе» (ТР ТС 028/2012). Согласно нему, промышленные взрывчатые вещества и взрывоопасные изделия требуют разрешения на постоянное использование. Административный регламент выдачи таких разрешений разработал Ростехнадзор — Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. Данные положения утверждены Ростехнадзором (приказ № 345 от 4 августа 2014 г.) и зарегистрированы Минюстом России (регистрационный № 35761 от 28 января 2015 г.).

Для получения постоянного разрешения на применение взрывчатые материалы должны пройти приемочные испытания, проводимые представителем Ростехнадзора, и иметь необходимую техническую документацию.

Минпромторгу России поручено разработать программу работ по маркировке взрывчатых веществ в соответствии с «Планом мероприятий по реализации технического регламента по безопасности взрывчатых веществ и сопутствующей продукции».

В соответствии с Постановлением Правительства РФ № 1447 ответственность за обеспечение соблюдения Технического регламента несут Ростехнадзор и Росстандарт.

Согласование технической и проектной документации, связанной с безопасностью, повышает ответственность руководителей организаций, специалистов и рабочих за соблюдение правил техники безопасности. Важно совершенствовать правила, внося конкретные изменения и дополнения. Анализ происшествий показывает, что большинство аварий происходит из-за нарушений техники безопасности, безответственности персонала, недостаточного управленческого контроля или отсутствия эффективной системы производственного контроля.

Соблюдение законодательных и нормативных актов России имеет решающее значение для обеспечения безопасности на взрывоопасных объектах, охватывающих национальное и региональное законодательство, отраслевые стандарты и правила, применимые к различным предприятиям нефтяной отрасли, в том числе работающим на континентальном шельфе.

К важным законодательным актам в сфере пожарной безопасности в России относится Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ[42]., в котором изложены основные принципы пожарной безопасности. Федеральный закон от 6 мая 2011 г. № 100-ФЗ посвящен добровольной противопожарной защите, а Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ[43].устанавливает технические регламенты, определяющие требования пожарной безопасности к защищаемым объектам и сопутствующей продукции.

Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123 и связанные с ним нормативные документы, включающие 13 сводов правил и 150 стандартов, устанавливают добровольные требования к соблюдению. Кроме того, следующие документы регламентируют нормы технологической безопасности объектов.

1. «Общие правила взрывобезопасности для пожаровзрывоопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», утвержденные приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 г. № 533.

2. ГОСТ Р 12.3.047-2012, в котором изложены «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».

3. Постановление Правительства РФ от 31 декабря 2020 года № 2451, которым утверждены «Правила разработки и утверждения планов предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации».

Система управления охраной труда (СУОТ) представляет собой комплексную структуру, которая устанавливает политику и цели в области безопасности и гигиены труда в конкретной организации. Оно является одной из основных составляющих общей системы управления и оказывает положительное влияние на снижение опасностей и рисков на работе и повышение производительности.

Действующим национальным стандартом в России является ГОСТ Р 12.0.007-2009, который распространяется на системы управления охраной труда в организациях. Он включает общие требования к разработке, применению, оценке и улучшению. Наконец, ГОСТ 12.0.230.2-2015 посвящен требованиям подтверждения соответствия систем управления охраной труда в организациях.

Документами, предусматривающие для организации систему охраны труда, являются:

- ГОСТ Р 12.0.008-2009 - Верификация (аудит) систем управления безопасностью в организациях.

- ГОСТ Р 12.0.010-2009 - Идентификация опасностей и оценка рисков в системах управления охраной труда.

- В дальнейшем были разработаны и внедрены следующие стандарты:

- ГОСТ 12.0.230.1-2015 - Рекомендации по применению ГОСТ 12.0.230-2007 в системах управления охраной труда.

- ГОСТ 12.0.230.2-2015 - Требования к подтверждению соответствия систем управления охраной труда в организациях.

Типовое положение о системе управления охраной труда утверждается федеральным органом исполнительной власти в сфере трудовой политики и регулирования с учетом материалов Российской трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений. Ответственность за обеспечение безопасных условий и охраны здоровья работников несет непосредственно работодатель. Эти стандарты помогают организациям и компетентным учреждениям постоянно улучшать деятельность в области безопасности и гигиены труда. Пожарная безопасность обеспечивается административно-правовыми мерами по установлению требований, регулированию использования имущества, защите от пожарной опасности, предупреждению нарушений и организации тушения пожаров.

С точки зрения государственного управления первоочередной задачей является обеспечение стабильности функционирования системы. Это предполагает постоянное и целенаправленное организационно-правовое вмешательство в его компоненты.

Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ, известный как «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», предусматривает, что федеральный государственный пожарный надзор является ключевым средством оценки соблюдения требований пожарной безопасности.[43].

На законодательном уровне установлена иерархическая структура подразделений осуществления федерального государственного пожарного надзора. Этот надзор осуществляется на различных объектах охраны и предполагает публично-правовую деятельность, регулируемую конкретными административными регламентами. Действующим правовым кодексом МЧС России определены административные процедуры осуществления данной публично-правовой деятельности.

У главного государственного инспектора ГПН более широкие полномочия. Наряду с указанными выше правами, он может, например, отменить неправильно оформленный протокол своего подчиненного, проверять федеральные органы исполнительной власти.

Пожарный надзор проводит исключительно выездные проверки, без документальных проверок. Для проведения внеплановых проверок требуется согласование с прокуратурой, уведомление направляется в течение 24 часов. В Положении о гражданской обороне установлено, что государственный надзор обеспечивает соблюдение требований, которые обязательны для исполнения, согласноФЗ от 12 февраля 1998 г. № 28-ФЗ. Объекты надзора подразделяются на категории высокого, значительного, среднего и низкого риска, определяющие периодичность планируемых мероприятий, контрольная деятельность. Высокий риск: каждые 2 года, значительный риск: каждые 3 года, средний риск: каждые 5 лет. Объекты низкого риска не требуют плановых контрольных мероприятий.

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 25 июня 2021 г. № 1007 плановые проверки, запланированные на 2021 год в рамках государственного надзора в сфере гражданской обороны и начало которых запланировано после 30 июня 2021 года, будут проводиться в рамках федерального государственного контроль, соблюдение Положений.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 июня 2021 г. № 1013 определен порядок осуществления федерального

государственного надзора в сфере защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. Основное внимание уделяется обеспечению соблюдения требований организациями и гражданами, эксплуатирующими потенциально опасные объекты или критически важные объекты, а также государственными корпорациями, участвующими в единой государственной системе предотвращения и управления чрезвычайными ситуациями. Указанные субъекты должны соблюдать обязательные требования, Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и другими нормативно-правовыми актами.

Федеральный государственный пожарный надзор регулируется Федеральным законом № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации», Федеральным законом № 69 «О пожарной безопасности

В статье 6 ФЗ № 69 говорится, что федеральный государственный пожарный надзор включает в себя:

1. Обеспечение соблюдения организациями и гражданами требований пожарной безопасности в зданиях, помещениях, сооружениях, линейных объектах, на территориях, а также на земельных участках, на которых распространяются правила пожарной безопасности.

2. Оценка соответствия требованиям пожарной безопасности.

3. Обеспечение соблюдения изготовителями, исполнителями (в том числе иностранными изготовителями) и продавцами технических регламентов и обязательных требований до дня вступления в силу технических регламентов, предусмотренных Федеральным законом от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Государственный пожарный надзор осуществляют органы государственного пожарного надзора, находящиеся в ведении МЧС России. Однако на объектах, относящихся к федеральным органам исполнительной

власти в таких сферах, как оборона, безопасность, деятельность Национальной гвардии, внутренние дела, государственная безопасность, внешняя разведка, мобилизационная подготовка и мобилизация, государственный пожарный надзор осуществляется подразделениями этих федеральных органов исполнительной власти, а также со своими территориальными органами и соответствующими органами управления, в том числе государственными органами.

Органы ГПН в рамках своей компетенции наделены следующими полномочиями: обеспечивать учет объектов надзора, организовывать и проводить контрольные (надзорные) мероприятия, принимать соответствующие решения; осуществлять официальный статистический учет и ведение государственной статистической отчетности по пожарам и их последствиям; осуществлять взаимодействие с федеральными органами исполнительной власти, в том числе с органами государственного контроля (надзора), органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органами местного самоуправления, общественными объединениями и организациями, по вопросам обеспечения пожарной безопасности; рассматривать обращения и жалобы контролируемых лиц по вопросам обеспечения пожарной безопасности; осуществлять профилактику рисков причинения вреда охраняемым законом ценностям в области пожарной безопасности; рассматривать в установленном порядке жалобы на решения, действия (бездействие) органов государственного пожарного надзора и их должностных лиц; участвовать в проверках объектов надзора, проводимых органами прокуратуры в порядке, установленном Федеральным законом "О прокуратуре Российской Федерации", давать пояснения и представлять информацию в рамках своей компетенции, готовить мотивированные предложения о непринятии расчетов пожарного риска в орган прокуратуры, а также получать для ознакомления документы, сведения и материалы, касающиеся предмета соответствующей проверки,

организованной органом прокуратуры; оказывать государственные услуги и осуществлять разрешительные функции в рамках предоставленных полномочий.

Должностные лица государственного пожарного надзора могут проводить плановые контрольные мероприятия, в том числе инспекционные посещения, рейды и проверки на местах. Они также осуществляют внеплановые контрольные мероприятия, такие как инспекционные посещения, рейды, выездные проверки, документальные проверки и выборочные проверки. Органы государственного пожарного надзора применяют превентивные меры, такие как предоставление информации, выдача предупреждений, консультирование, проведение профилактических посещений и обобщение правоприменительной практики для предотвращения и устранения нарушений обязательных требований пожарной безопасности. Таким образом, органы государственного пожарного надзора обладают широким спектром полномочий по обеспечению соблюдения пожарной безопасности.

Государственный надзор осуществляется в целях обеспечения соблюдения правил защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Обеспечивает соблюдение требований, установленных Федеральным законом «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и соответствующим законодательством на федеральном и региональном уровнях. Цель – выполнение обязанностей единой государственной системы по предупреждению и управлению чрезвычайными ситуациями.

К органам, осуществляющим государственный надзор в сфере гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций, относятся:

1. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных

бедствий, а именно Департамент надзорной деятельности и профилактической работы.

2. Уполномоченные органы, занимающиеся гражданской обороной, предупреждением и разрешением чрезвычайных ситуаций на региональном уровне в субъектах Российской Федерации.

3. Территориальные управления, филиалы, инспекции и группы.

С 2023 года, согласно статье 39 № 248-ФЗ, судебные жалобы на решения или действия (бездействие) должностных лиц надзорных органов должны быть поданы сначала в электронной форме через портал «Госуслуги» после досудебного обжалования. Кроме того, статья 42 № 248-ФЗ гласит, что в случае отклонения жалобы надзорным органом заявитель не может повторно обратиться по тому же вопросу, и такой отказ не является основанием для судебного обжалования решений или действий (бездействие) должностных лиц надзорного органа.

Надзорными органами могут осуществляться различные виды профилактических мер, направленные на предотвращение вреда или повреждения охраняемых законом ценностей.

Проведение профилактических мероприятий с участием подконтрольных лиц требует их согласия или инициативы. Глава 11 № 248-ФЗ разрешает подконтрольным лицам добровольно использовать негосударственные формы надзора и независимой оценки, исключая плановую и внеплановую надзорную деятельность. К таким формам относятся подтверждение соответствия независимыми организациями и контроль со стороны саморегулируемых организаций. Во всех случаях независимая организация берет на себя ответственность за любой вред или ущерб, обеспечивая эффективное осуществление негосударственного надзора.

Глава 12 Закона вводит дополнительные меры надзора, в том числе:

1. Мониторинг покупок

2. Выборочный контроль

3. Инспекционные визиты и проверки на местах

Эти меры более подробно описаны в главе 13, в которой излагаются требования для их реализации. Надзорный орган стремится расширить методы оценки соблюдения подконтрольными лицами обязательных нормативных актов.

Контролирующее лицо должно обеспечить беспрепятственный доступ к зданиям, сооружениям и помещениям.

В ходе выездной проверки на общедоступном объекте надзора осуществляется визуальная оценка соблюдения подконтрольным лицом обязательных требований без какого-либо взаимодействия или уведомления подконтрольного.

В рамках этой системы поднадзорные лица могут предоставить удаленный доступ к поднадзорной организации, добровольно подав заявку и получив согласие надзорного органа. Такая цифровизация государственного надзора приносит такие преимущества, как снижение затрат для граждан и организаций, повышение эффективности и прозрачности.

После анализа процессуальной базы, изложенной в № 248-ФЗ, к практическим последствиям закона можно отнести:

- Повышение эффективности использования ресурсов путем сосредоточения внимания на важнейших областях и согласования причин надзора с его интенсивностью и типом.

- Поощрение ответственного поведения среди поднадзорных.

- Минимизация прямого взаимодействия между поднадзорными и контролирующими органами, что приводит к более эффективному обмену информацией.

- Повышение эффективности и результативности работы надзорных органов.

- Оптимизация документооборота контролирующих органов.

- Оснащение надзорных органов дополнительными инструментами оценки соблюдения обязательных требований.
- Повышение эффективности надзора в смежных областях контроля.
- Содействие законности, прозрачности и эффективности надзорной деятельности при сокращении спорных ситуаций в ходе контроля.

Целью государственного пожарного надзора является обеспечение соблюдения требований законодательства отдельными лицами, организациями и органами самоуправления, а также анализ причин пожаров и расследование. Оно включает в себя проведение профилактической работы по поощрению соблюдения правил пожарной безопасности. Они также расследуют пожары, составляют протоколы в соответствии с Кодексом об административных правонарушениях, участвуют в судебных заседаниях и высказывают свою точку зрения. Инспекторы могут временно закрыть предприятия или цеха во избежание тяжелых последствий, представляющих прямую угрозу жизни и здоровью граждан, но дисквалифицировать виновных может только суд.

Расширены полномочия главного государственного инспектора Госавтоинспекции. Помимо указанных прав, они могут аннулировать неправильно оформленный протокол подчиненного и провести проверку федеральных органов исполнительной власти.

Пожарный надзор осуществляется исключительно путем выездных проверок; Документальных экспертиз нет. Для проведения внеплановых проверок требуется разрешение прокуратуры. Инспектору не нужно согласовывать внеплановую проверку по жалобе с прокурором. Вместо этого в течение суток в прокуратуру направляется уведомление о его возбуждении.

Положение требует деления объектов надзора на четыре категории риска: высокий, значительный, средний и низкий риск. Плановые контрольные мероприятия проводятся с различной периодичностью в зависимости от присвоенной категории риска. В постановлении

Правительства РФ от 25 июня 2021 г. N 1007 указано, что плановые проверки, запланированные на 2021 год после 30 июня, будут проводиться под надзором федерального правительства в соответствии с Положением.

В первую очередь этот надзор ориентирован на организации и частных лиц, задействованных на потенциально опасных объектах, критических объектах, государственных корпорациях, создающих функциональные подсистемы единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. К ним также относятся организации и физические лица, связанные с этими субъектами, в том числе их подразделения, если они входят в функциональные подсистемы и на них распространяются обязательные требования по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, предусмотренные Федеральным законом «О защите Российской Федерации». Население и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и иные соответствующие нормативные акты Российской Федерации. Для каждого поднадзорного объекта создаются контрольно-надзорные файлы. Эти файлы включают идентификационные номера налогоплательщиков, информацию о присвоенной категории риска и любых изменениях в категории риска. Они также содержат копии решений и мероприятий по контролю и надзору, в том числе приложения, предписания об устранении нарушений и соответствующие документы по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций за последние 5 лет. Плановые контрольные мероприятия проводятся исходя из присвоенной категории риска:

- Высокого риска - один раз в 2 года.
- Значительного риска - один раз в 3 года.
- Среднего риска - один раз в 5 лет.

Плановые контрольные мероприятия категории низкого риска, не проводятся.

1.2 Анализ и сравнение применяемых и новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах

Промышленно-технический прогресс ускоряется за счет увеличения промышленного производства, усложнения технологических процессов, интеграции передовых технологий в повседневную жизнь. Этот прогресс приносит ряд преимуществ, таких как новые преимущества, улучшение использования ресурсов и повышение уровня жизни. Однако эта тенденция также вызывает беспокойство: быстрые темпы промышленного развития часто опережают рост мер промышленной безопасности.[13].

Для обеспечения пожарной безопасности первоначальный шаг включает оценку потенциальной пожарной опасности на рабочем месте. Обычно следует оценивать три основных типа опасностей: опасность поражения электрическим током, горючие материалы и легковоспламеняющиеся материалы.

С 2015 по 2022 год осветительное и электрораспределительное оборудование стало основным источником пожаров в промышленных условиях. Пожары обычно возникают из-за проблем с электричеством, таких как повреждение удлинителей, засорение электрических панелей и обогревателей, а также перегрузка цепей [1]. Кроме того, электрические разряды, такие как вспышки дуги, часто приводят к пожарам. Регулярное техническое обслуживание силовых кабелей и другого электрооборудования имеет жизненно важное значение для предотвращения таких аварий.[18].

Неправильное хранение легковоспламеняющихся материалов и скопление горючей пыли часто приводят к пожарам на рабочих местах. Предприятия работают с легковоспламеняющимися веществами, такими как растворители, краски, и сталкиваются с риском попадания горючей пыли из угля, металлов и зерна [11]. Легковоспламеняющиеся материалы воспламеняются при низкой температуре вспышки, а горючие материалы

имеют более высокую температуру вспышки. Оба требуют осторожного обращения и хранения из-за их опасного характера.

Взрывы пыли — это опасные пожароопасные явления, которые часто остаются незамеченными. Для возникновения такого взрыва необходимы пять элементов, известных как «Пятиугольник пылевых взрывов»: наличие и рассеивание пыли, содержание кислорода в воздухе, локализация и источник возгорания. Эти опасности существуют в различных отраслях промышленности и могут быть смертельными, поскольку первоначальные взрывы приводят к вторичным, более разрушительным взрывам из-за рассеивания дополнительной пыли [2]. Чтобы снизить риск таких событий, OSHA рекомендует провести комплексную оценку опасности материалов, операций, объектов и потенциальных источников возгорания на объекте. Это помогает снизить вероятность таких опасных происшествий, которые часто приводят к смертельным травмам и значительному материальному ущербу.

Спринклерные системы в основном используются для тушения пожара, но важно отметить, что автоматические спринклеры отличаются от систем пожаротушения. Для тушения пожара могут потребоваться различные типы жидкостей или пены в зависимости от задействованных материалов или оборудования.[17]. Системы пожаротушения также ориентированы на защиту территорий, а не только на тушение пожара. Примеры включают сухие химические реагенты для пожаров с легковоспламеняющимися жидкостями, влажные химические средства подавления для кухонь и углекислый газ для компьютерных и архивных помещений. [3]. Дымовые извещатели следует соединять между собой и проверять ежемесячно, с полной заменой через десять лет. Они необходимы для спасения жизней как во время пожаров в домах, так и во время чрезвычайных ситуаций на рабочем месте, а также способствуют эффективной эвакуации персонала.

Огнетушители являются важнейшим противопожарным оборудованием на предприятии. NFPA 10 устанавливает стандарт для

переносных огнетушителей, которые служат первой линией защиты от небольших пожаров. Они должны быть легко доступны, регулярно проверяться, должным образом заряжены, а также легко видимы и доступны.

Различные типы огнетушителей предназначены для борьбы с конкретными видами пожаров. Важно использовать соответствующий огнетушитель, чтобы избежать усугубления ситуации или создания дополнительных опасностей, таких как поражение электрическим током или взрывы. На каждом огнетушителе указан номинал, представленный буквой и символом, обозначающий тип пожара, который он может тушить:

- Класс А: Обозначается буквой А внутри зеленого треугольника. Эти огнетушители предназначены для пожаров, связанных с обычными легковоспламеняющимися материалами, такими как ткань, пластик, дерево и бумага.

- Класс В: Обозначается буквой В внутри красного квадрата. Они предназначены для тушения пожаров, вызванных легковоспламеняющимися жидкостями, такими как краска, масло и бензин.

- Класс С: Обозначается буквой С внутри синего круга. Они подходят для пожаров, связанных с электрическим оборудованием под напряжением, и содержат непроводящие средства тушения. После обесточивания оборудования можно использовать огнетушитель класса А или В.

- Класс D: Обозначается буквой D внутри желтой звезды. Их применяют при пожарах, связанных с горючими металлическими сплавами и другими горючими материалами. Эти огнетушители содержат вещества, не вступающие в реакцию с горящим металлом.

- Класс К: Обозначается буквой К внутри шестиугольника. Они разработаны специально для тушения пожаров, вызванных кулинарными материалами, такими как жир, животные жиры и масло. Эти огнетушители создают пар, образующий мыльную пену для тушения пожара.

Некоторые огнетушители, известные как огнетушители ABC или BC,

предназначены для тушения нескольких типов пожаров. Сотрудники должны пройти обучение по использованию этих огнетушителей, особенно если на их рабочем месте используются уникальные материалы, такие как электрооборудование или кухонные принадлежности, чтобы они могли эффективно тушить пожары на своем участке.[25].

Хотя пожарные должны носить обширные средства индивидуальной защиты, большинству работников такое оборудование не требуется для выполнения повседневных задач. Тем не менее, оборудование пожарной безопасности доступно для лиц, регулярно подвергающихся повышенному риску пожара [4]. Огнестойкая одежда предоставляется работникам, работающим с легковоспламеняющимися жидкостями, химикатами, кухонными работами, сваркой или оборудованием, создающим искры. Эта огнестойкая одежда маркируется категориями опасности, установленными NFPA, причем более высокие рейтинги указывают на более высокий уровень защиты.

Одежда из огнестойких материалов отличается от одежды из огнестойких материалов. Огнестойкая одежда естественно огнестойка, а огнестойкая одежда содержит химически обработанные материалы. Огнестойкая одежда также отличается от одежды для вспышки дуги (AR), которая разработана специально для защиты от дуговой опасности. Стандарты NFPA 70E требуют отдельного использования соответствующих огнестойких и противозадирных средств индивидуальной защиты для электромонтажных работ. Пожарная безопасность включает в себя реализацию плана реагирования на чрезвычайные ситуации и соблюдение установленных стандартов и инструкций.[29].

Сотрудники должны быть осведомлены о протоколах пожарной безопасности и о самых быстрых и безопасных путях эвакуации. Соответствие стандарту OSHA 1910.39 требует наличия карт эвакуации и наглядных пособий для работников во время чрезвычайных ситуаций.

Крайне важно, чтобы четкие и понятные карты расположения объектов с указанием расположения запасных выходов были размещены на видном месте в зонах с интенсивным движением транспорта. OSHA также требует определенных критериев для запасных выходов, включая два отдельных пути выхода, беспрепятственные пути, четкую разметку и внешние маршруты. Внедрение таких инструментов, как указатели направления и светящаяся в темноте лента, снижает путаницу и время эвакуации, потенциально спасая жизни, особенно в ситуациях, связанных с перебоями в подаче электроэнергии, где фотолюминесцентная маркировка может быть особенно полезна [5].

В любой профессии крайне важно пройти обучение стратегиям профилактики и процедурам безопасности для обеспечения личной безопасности и защиты окружающей среды. Согласно OSHA 1910.39, обучение сотрудников должно включать понимание опасностей пожара и источников возгорания, определение местоположения запасных выходов, проведение противопожарных учений и правильное использование огнетушителей [6]. Может потребоваться дополнительное обучение в зависимости от конкретных рисков и операций, которые работодатели должны выявить и обеспечить. Комплексная подготовка и базовое понимание пожарной безопасности необходимы для предотвращения пожаров и минимизации ущерба в чрезвычайных ситуациях.[15].

Подключенные технологии стали неотъемлемой частью отрасли противопожарной защиты. Благодаря использованию интеллектуальных технологий проверки и испытания систем стали более точными и эффективными, что потенциально спасает жизни. В гипотетическом сценарии пожара на складе, обсуждаемом в статье, внедрение интеллектуальной технологии позволяет в режиме реального времени контролировать давление и расход воды в спринклерной системе [7]. Эта информация может быть передана командованию в случае ЧС, что позволит

принять эффективные меры по тушению пожара.[16]. Возможность внешнего контроля расхода воды в зданиях, оборудованных спринклерами, является лишь одним из примеров того, как интеллектуальные технологии могут напрямую способствовать спасению жизней.

Интенсивная технология позволяет владельцам получать предупреждения о неисправных системах пожарной безопасности и замерзших трубопроводах. Технология видеообнаружения дыма применяется в различных областях. Система видеонаблюдения со встроенным обнаружением огня и дыма использует алгоритмы для анализа видео с камер. Эти алгоритмы оценивают дым и огонь на основе таких критериев, как изменения яркости и контрастности, а также выполняют обнаружение движения и мониторинг местоположения, в зависимости от типа системы. [20].

Технология VISD позволяет визуализировать дым и пламя для улучшения сдерживания пожара в сложных условиях, таких как электростанции, стадионы, бумажные фабрики и крупные склады/распределительные центры. Системы Flame VID отслеживают источник возгорания, обеспечивая более быстрое и эффективное тушение пожара.

Интегрированная голосовая эвакуация и настраиваемые инструкции имеют решающее значение для спасения жизней. В 2019 году Notifier и Edwards представили передовые продукты, расширяющие возможности систем голосовой эвакуации.

Динамики сенсорной системы Notifier серии L передают сообщения, соответствующие нормам, и имеют ряд опций для удовлетворения конкретных потребностей. Их 8-дюймовые динамики с двойным напряжением обеспечивают высококачественный громкий звук и позволяют устанавливать их на стену или потолок. Эти усовершенствованные динамики особенно подходят для больших складов, густонаселенных районов или

помещений с высоким уровнем шума.

Платформа Edwards EST4, выпущенная в 2019 году, представляет собой передовую систему экстренной связи. Она позволяет хранить 250 аудиосообщений для воспроизведения в любом желаемом порядке и поддерживает множество адресных устройств, индикаторов оповещений и переключателей управления. Эта установка предоставляет проектировщикам повышенную гибкость при создании планов действий в чрезвычайных ситуациях, поскольку она предлагает сетевую платформу пожарной сигнализации и экстренной связи [12].

В будущем устойчивое развитие станет серьезной проблемой для отрасли противопожарной защиты. Системы подавления водяного тумана, такие как HI-FOG® от Marioff, предлагают решение, позволяющее использовать меньше воды по сравнению с традиционными спринклерными системами. [19]. Поддерживая воду под высоким давлением и выпуская ее через специальные разбрызгиватели и распылительные головки, эти системы рассеивают мелкие капли, которые покрывают большую площадь поверхности. Системы подавления водяного тумана, такие как HI-FOG®, не только охлаждают зону пожара и окружающую среду, но также блокируют излучаемое тепло и удаляют кислород. Они обычно используются в густонаселенных районах или в ситуациях, когда повреждение водой может стать проблемой.[31].

Газовые системы пожаротушения были разработаны как альтернатива галоновым системам. Однако они способствуют глобальному потеплению, отсюда и растущая популярность систем водяного тумана. Огнетушители водяного тумана используют дистиллированную воду и выпускают ее тонкой струей для обеспечения безопасности в местах, где нерегулируемые источники воды могут представлять опасность, например, в операционных, музеях и книжных коллекциях.

Огнетушители AFFF и FFFP работают при пожарах классов А и В,

выделяя пену вместо жидкости или порошка. Их не рекомендуется использовать в условиях низких температур. Эти огнетушители выгодны при глубоких пожарах класса В, поскольку они могут плавать на поверхности жидкости и предотвращать повторное возгорание.

Углекислотные огнетушители (CO₂) имеют ряд преимуществ: они не оставляют следов, что делает их идеальными для защиты чувствительного электронного оборудования. Они обычно используются в таких местах, как помещения для приготовления пищи, лаборатории, а также помещения для печати или распространения. Эти огнетушители подходят для пожаров классов В и С, но их дальность действия ограничена (от 3 до 8 футов или от 1 до 2,4 метра), поскольку они выделяют газ/снег. Их не следует использовать на открытом воздухе в ветреную погоду или в местах с сильными воздушными потоками, поскольку газ может быстро рассеиваться, что затрудняет борьбу с пожаром. Важно соблюдать осторожность при использовании их в закрытых помещениях, поскольку они снижают уровень кислорода, необходимого для горения.[38].

Бромхлордифторметан (Галон 1211) огнетушитель аналогичен углекислому газу. Подходит для использования в холодную погоду и не оставляет следов. Однако производство галонов было прекращено из-за их вредного воздействия на озоновый слой. Более крупные модели огнетушителей с галоном 1211 можно использовать для тушения пожаров классов А, В и С. По весу галон 1211 как минимум в два раза эффективнее диоксида углерода. Когда агент не используется, он находится в форме газа/тумана с двойным содержанием углекислого газа [8]. Тушение пожара в ветреную погоду или при сильных воздушных потоках может быть затруднено, поскольку материал может быстро рассеиваться.

Существуют чистящие средства, подобные галону, которые обладают схожими свойствами. Они не проводят ток, устойчивы к коррозии и быстро испаряются, не оставляя следов. Эти продукты выпускаются в больших

размерах для тушения пожаров классов А, В и С, что особенно полезно при возгорании электронного оборудования. При выбросе они превращаются в газ или туман и быстро испаряются, обогащая воздух углекислым газом. Ветер и сильные потоки воздуха могут затруднить тушение пожара из-за рассеивания продукта. В отличие от галонов, эти продукты не наносят вреда озоновому слою, что делает их более доступными на рынке.

В огнетушителях используется порошковый огнетушитель, состоящий из мельчайших частиц. Двумя распространенными типами агентов являются основа бикарбоната натрия и основа бикарбоната калия. Сухие химические огнетушители специально разработаны таким образом, чтобы противостоять уплотнению и поглощению влаги, обеспечивая надлежащий поток.

Универсальный сухой химикат

Эти огнетушители содержат вещества на основе фосфата аммония. Они действуют аналогично обычным сухим химическим веществам при пожарах класса В. При тушении пожаров класса А они размягчаются и прилипают к горячим поверхностям, образуя покрытие, которое удушает и герметизирует топливо. Однако они обладают минимальным охлаждающим эффектом и не могут проникать ниже поверхности горения из-за покрытия поверхности. Таким образом, тушение глубоких пожаров может потребовать выброса вещества под поверхность или распределения его по горящему материалу.

Мокрые химические огнетушители содержат растворы воды и проводящих химикатов, таких как ацетат калия, карбонат калия и цитрат калия. Огнетушащий агент имеет рН 9,0 или менее [9]. Он действует как охлаждающая жидкость при пожарах класса А и образует пенную пленку для предотвращения повторного возгорания при пожарах класса К (пожары растительного масла). Вода в растворе помогает охлаждать горячие масла и жиры, снижая риск самовозгорания. При распылении мелкого тумана на кухонную технику он сводит к минимуму разбрызгивание жира и не представляет электрической опасности. Мокрые химические огнетушители

также улучшают видимость и сокращают усилия по очистке.[33].

Сухие порошки классифицируются в зависимости от их конкретного применения в качестве огнетушителей при пожарах класса D и некоторых металлах. Эти порошки следует использовать в соответствии с рекомендуемыми методами и инструкциями производителя. Их можно наносить с помощью огнетушителя или вручную с помощью лопаты и шпателя, который обычно называют ручным огнетушителем.

Различные типы огнетушителей служат конкретным целям, и очень важно учитывать их номинальную мощность, чтобы определить, с какими пожарами они могут справиться. [19]. Системы и установки пожаротушения обычно интегрированы с рядом устройств для обеспечения общей пожарной безопасности в зданиях. Их основная задача — остановить распространение огня и бороться с ним на начальных стадиях.

Устройства, не интегрированные в систему пожаротушения, играют решающую роль на объектах с высоким риском возникновения пожара и ограниченными возможностями эвакуации людей. [21]. В таких ситуациях незаменимы автоматические установки пожаротушения (АУП). АФА состоят из устройств, которые автоматически активируются при превышении определенных условий в защищаемой зоне.

Эти устройства имеют отличительную особенность работы в качестве автоматических пожарных извещателей. Обычно они являются частью комплексной системы пожаротушения и служат для достижения нескольких основных целей, в том числе:

1. Тушение пламени на защищаемом объекте до достижения критических коэффициентов воспламенения.
2. Тушение пожара до достижения предела огнестойкости строительных конструкций на месте.
3. Предотвращение максимального ущерба имуществу и материальным ценностям при тушении пожара.

4. Остановка процессов горения до возникновения риска разрушения технологических установок, находящихся на защищаемом объекте.

Кроме того, автоматические системы пожаротушения играют решающую роль в оказании экстренной помощи и создании безопасной зоны для людей на объекте. Эти системы можно классифицировать по различным параметрам, например, по конструкции (модульные, сборно-разборные, дренчерные, спринклерные) и способу тушения пожара (объемное, квадратное, локальное).

Способы установки систем пожаротушения можно разделить на ручные, автоматические или с использованием различных типов привода (электрического, гидравлического, пневматического, механического, комбинированного).

По инерционности автоматические системы пожаротушения можно разделить на сверхбыстрые, скоростные или малоинерционные, среднеинерционные и высокоинерционные.

Широко признанная классификация автоматических систем пожарной сигнализации и пожаротушения основана на типе вещества, используемого для тушения пожара. Эти системы подразделяются на водные, пенные, газоаэрозольные, порошковые и паровые. Среди них особой сложной является автоматическая установка пенного пожаротушения. Он включает в себя механизмы, превращающие порошок в пену, известные как ирригаторы или парогенераторы. [36]. Кроме того, предприятиям по производству пены требуются специальные контейнеры или резервуары для хранения пенообразователя или заранее приготовленной композиции, например, в пожарной трубе.

В АУПТ действуют два разных принципа: использование готового состава и приготовление пены непосредственно во время тушения пожара. Каждый подход имеет свои преимущества и недостатки. Автоматические системы пожаротушения с отделенным пенообразователем и подачей воды

более эффективны для защиты крупных объектов. Готовые составы подходят для небольших площадей, но хранение больших объемов пенопласта имеет недостатки. К ним относятся ограниченный срок годности, регулярная замена, приводящая к дополнительным затратам, необходимость покрытия эпоксидной смолой для предотвращения контакта с бетоном, а также трудности с утилизацией старого пенопласта. [22].

Автоматическая пенная система пожаротушения подходит для химических и нефтехимических предприятий, где хранятся легковоспламеняющиеся жидкости. Оправдано также его применение на складах и в ангарах, учитывая ограниченное количество людей и сложность оперативной эвакуации материальных ценностей. С другой стороны, водные установки являются наиболее универсальными, поскольку в них приоритет отдается безопасности людей и их быстрой эвакуации из таких мест, как офисы и правительственные учреждения.

Водные системы пожаротушения можно разделить на два типа: локализованную (спринклерную) и защиту всего здания (затопленную). Спринклерные системы автономны и автоматически активируются при обнаружении повышения температуры, распыляя мелкую струю воды в сторону источника тепла. Выбор между сухими и мокрыми блоками управления зависит от предпочтения типа воды. [45]. Сухие блоки управления подходят для неотапливаемых помещений, а мокрые блоки управления используются в помещениях, где температура никогда не опускается ниже нуля. Напротив, дренчерные системы требуют активации системы пожарной сигнализации и не имеют датчиков для определения источника тепла. Эти системы во время работы покрывают водой все доступные поверхности в защищаемой зоне. [45].

Имеется новая технология систем водяного пожаротушения. Новые автоматические устройства распыляют жидкость непосредственно в пламя в виде маленьких капель. Жидкость испаряется, связывая огонь и уменьшая

количество свободного кислорода в помещении. Эта технология, известная как системы подавления мелкой пыли (TRV), обеспечивает максимальную локализацию и разделение источника возгорания, что приводит к полному тушению пламени.[38].

Мелкодисперсная технология в автоматических системах пожаротушения высокоэффективна в складских помещениях, содержащих легковоспламеняющиеся соединения и жидкости. Системы газового пожаротушения создают среду, в которой невозможно развитие пожара, что делает их удобными для зон повышенного риска. Однако важно отметить, что чрезмерное воздействие газа может быть вредным для здоровья человека.

Автоматические системы газового пожаротушения неэффективны, когда материалы могут гореть без кислорода. Их нельзя использовать для тушения самовозгорающихся или гниющих материалов (например, древесной щепы, резины, хлопка) и некоторых химически активных металлов. Более популярны системы порошкового пожаротушения типа УАПТ (80% случаев). Они универсальны, подходят для электроустановок, имеют длительный срок хранения, легкую утилизацию, устойчивость к высоким температурам и нетоксичны.

Пороховые установки универсальны для тушения пожаров классов А, В и С, повышая их эффективность при тушении пожаров в труднодоступных местах, требующих быстрых действий. Они особенно полезны в автоматических системах пожаротушения нефтяных танкеров, насосных установках и электрических точках. [37]. Однако они могут оказаться неэффективными для подавления горючих материалов, не зависящих от кислорода, а также материалов, склонных к самовозгоранию и разложению.

Благодаря своей высокой эффективности эти БТР позволяют людям оставаться внутри зданий во время пожаров до полного тушения пламени. Однако необходимо принять меры предосторожности, чтобы предотвратить взрыв установок из-за колебаний давления, вызванных разницей температур.

Аэрозольные устройства высокоэффективны при тушении пожаров, вызванных сбоями в работе электрооборудования, что делает их идеальными для обеспечения пожарной безопасности на крупных транспортных средствах, нефтяных объектах и в аналогичных объектах. Тем не менее, данные автоматические системы пожаротушения и сигнализации с использованием аэрозолей не могут полностью исключить тление во внутренних слоях или горение без кислорода.[39].

Автономные системы могут обнаружить источники тепловых потерь и принять решение об активации процессов пожаротушения. Они используют датчики, чувствительные к температуре или конкретным частицам, передающие сигналы для анализа и активации рабочего процесса в случае обнаружения пожарной опасности. Хотя последовательность операций может меняться, общий алгоритм остается неизменным: «идентификация – запрос – активация» [3].

В настоящее время порошкообразные и аэрозольные средства являются наиболее экономичным вариантом, несмотря на их потенциальный вред для материалов и опасность для растений и животных.

2 Внедрение новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах

2.1 Критерии оценки эффективности новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах

После принятия «Монреальского протокола», регламентированного ЮНЕП в 1987 году, соединения хлора и фтора оказались в центре пристального внимания всего мира. Экологические проблемы привели к быстрому отказу от галонов. Заменители галонов являются активной областью исследований. По сравнению с другими огнетушащими средствами сверхтонкие порошкообразные средства обладают многими преимуществами, такими как короткое время тушения пожара, низкая токсичность для окружающей среды, простота длительного хранения и пригодность для районов с дефицитом воды [7]. Следовательно, все больше и больше ученых сосредотачиваются на исследованиях сверхтонких порошкообразных химических веществ, включая соли щелочных металлов и фосфатов.

В последние годы многие ученые изучали приготовление ультрадисперсных порошков, модификацию ультрадисперсных порошков, влияние размера частиц на огнетушащие свойства ультрадисперсных порошков и противовзрывные свойства сверхтонких сухих порошковых огнетушителей. Чжан и др. получили сферическое, полое ультрадисперсное огнетушащее вещество $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$.

В последнее время внимание ученых сосредоточено на исследовании ультрадисперсного порошка и его влиянии на огнетушащие свойства. Также было исследовано влияние размера частиц на эти свойства, а также на свойства композитного ультрадисперсного порошка. В то же время, не многие ученые обратили внимание на влияние давления впрыска на

огнетушащие свойства ультрадисперсного порошка. Некоторые ученые только кратко обсудили этот вопрос в своей статье, но не провели подробных исследований и анализа. [8]. В данном исследовании экспериментально было изучено влияние давления впрыска на огнетушащие свойства ультрадисперсного порошка в различных условиях. Для моделирования этих условий было использовано программное обеспечение FDS, и результаты моделирования схожи с экспериментальными данными. [36].

Время тушения пожара, смоделированное программным обеспечением FDS, соответствует экспериментальным результатам, в первую очередь из-за задержки достижения желаемого давления впрыска при открытии клапана баллона с азотом. Однако наблюдаемое в экспериментах увеличение времени тушения пожара отчасти объясняется неучтенными химическими реакциями при тушении пожара, которые не учитываются в программе FDS [43].

Для оценки эффективности тушения пожара применяют два основных метода: измерение минимальной огнетушащей концентрации (МКО) в лабораторных масштабах и оценку фактической эффективности тушения пожара в натуральных экспериментах [1] МЕС играет решающую роль в оценке средств пожаротушения и проектировании систем пожаротушения. В то время как полномасштабные эксперименты сталкиваются с такими проблемами, как обширная подготовка, высокая стоимость, низкая повторяемость, проблемы безопасности и сложность, лабораторные испытания преодолевают эти ограничения и обычно используются для определения МЭК различных огнетушащих веществ с различным топливом.

Время тушения пожара, смоделированное программным обеспечением FDS, соответствует экспериментальным результатам, в первую очередь из-за задержки достижения желаемого давления впрыска при открытии клапана баллона с азотом. Однако наблюдаемое в экспериментах увеличение времени тушения пожара отчасти объясняется неучтенными химическими реакциями при тушении пожара, которые не учитываются в программе FDS.

Для оценки эффективности тушения пожара применяют два основных метода: измерение минимальной огнетушащей концентрации (МКО) в лабораторных масштабах и оценку фактической эффективности тушения пожара в натуральных экспериментах [48]. МЕС играет решающую роль в оценке средств пожаротушения и проектировании систем пожаротушения. В то время как полномасштабные эксперименты сталкиваются с такими проблемами, как обширная подготовка, высокая стоимость, низкая повторяемость, проблемы безопасности и сложность, лабораторные испытания преодолевают эти ограничения и обычно используются для определения МЭК различных огнетушащих веществ с различным топливом.

На метод чашечной горелки, обычно используемый для экспериментов, влияют различные факторы, такие как тип топлива, уровень топлива, размер горелки, температура реагента, скорость потока воздуха и реагента, а также время предварительного горения [44]. Этот метод не учитывает состояние турбулентности в практических ситуациях пожара, что приводит к несоответствию между лабораторными экспериментами и реальными сценариями. [26]. Чтобы решить эту проблему, исследователи предложили метод трубчатой горелки, который предполагает предварительное смешивание топлива и средств пожаротушения в горячей ванне.

Два упомянутых выше метода отличаются определением количества огнетушащего вещества, топлива, концентрации огнетушащего вещества и степени горения. [31]. Однако оба метода имеют общий принцип измерения концентрации $C_6F_{12}O$ в испаряемом газе. В случае высококипящего огнетушащего вещества $C_6F_{12}O$ он частично испаряется в транспортном трубопроводе, а оставшееся средство распыляется каплями [13].

Ян предложил сетчатое устройство пожаротушения дисперсной жидкостью (DLAFSS), которое может формировать стабильное двумерное ламинарное пламя без предварительного смешивания. Он точно измеряет эффективность пожаротушения различных средств пожаротушения и

использовался для испытаний жидких огнетушителей. Однако исследования эффективности высококипящего агента С6F12О отсутствуют.

С6F12О может использоваться в системе полнозаливного пожаротушения [38]. Результаты показали, что С6F12О и другие заменители повышают давление в банке, что указывает на улучшение сгорания в пламени при определенных условиях.

Исследователи обнаружили, что эффективность пламегасителя С6F12О зависит от состояния сгорания топлива и количества используемого подавителя. Добавление огнетушителя может значительно снизить скорость реакции при сильном пожаре. Более того, при бедных условиях горения влияние добавления подавителя на скорость реакции сначала увеличивается, а затем снижается по мере увеличения объемной доли огнетушащего вещества [31]. Кроме того, концентрация С6F12О играет решающую роль в усилении сгорания. Лю и др. [32] отметили, что независимо от типа углеводородного топлива ингибирующий эффект пламегасителя С6F12О остается неизменным. Считалось, что высокоэкзотермические реакции между фторсодержащими группами и радикалами горения являются основной причиной, приводящей к усилению горения, и когда огнетушителя недостаточно для Такахаси и др. [33] обнаружили, что экзотермические реакции с образованием HF и CF₂O в двухзонном заднем пламени приводят к нежелательному усилению горения, а общее тепловыделение увеличивается до трех раз при большом количестве атомов углерода и фтора в молекулах[38].

Система обеспечения взрывопожароопасности КС построена на применении конструктивных, компоновочных и технических решений. Соответственно, эффективность оценивается через объем затрат на мероприятие, экологичность мероприятия и т.д.

К первой группе таких решений можно отнести обратные и огнезадерживающие клапаны вентиляционных систем, нацеленных на

предотвращение распространения опасных примесей и дыма в воздух, герметичные и огнестойкие транзитные системы.

Примерами объектов второй группы являются разделение территории компрессорной станции на производственную и вспомогательную зоны, кольцевой проезд площадки, грамотное расположение систем производства и обеспечения безопасности, ремонт, ревизия и монтаж оборудования в установленные сроки.

И, наконец, в третью группу включены мероприятия по обеспечению защиты от воздействия всех видов электричества, пожаров. Также важно организовать контроль за утечкой продукта (газа), работу системы вентиляции.

Снижение вероятности воздействия электричеством можно обеспечить применением следующим мероприятий:

- использование материалов и оборудования, имеющих низкую степень взрывоопасности,
- использование в потенциально взрывоопасных помещениях специальных заземляющих кабельных проводов,
- применение систем противомолниевой защиты, средствами охраны от электромагнитной и электростатической индукции. При этом, молниеотводы могут быть как отдельно стоящими, так и комплексными технологическими установками,
- заземление установок и оборудования,
- зануление электроустановок (нулевая жила кабеля, стальные трубы электропроводки) и металлических объектов производства,
- использование вторичных средств защиты, в том числе конденсаторосборники, свечи, пылеуловители,
- применение заземления всех трубопроводов и бронирование кабелей при входе на территорию взрывоопасных объектов.

Основными средствами и системами заземления можно считать подземные железобетонные и металлические конструкции, фундамент зданий и объектов газопроводной сети [28]. Дополнительные средства защиты – металлические стержни.

При транспортировке природного газа существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят выбросы загрязняющих веществ от газоперекачивающего оборудования. [41]. Эти выбросы возникают при нормальной работе оборудования.

При пуске и остановке воздушного компрессорного оборудования ремонтируйте и заменяйте оборудование в соответствии с по графику в зависимости от технологии выделяется горючий газ в том числе метан, т.е. существует сокращенный вариант залпа срока.[38].

Экологическая оценка выхлопных газов воздушных компрессоров компрессорного цеха № показывает, что оксиды азота (NO и NO₂) составляют около 99,96% токсичных выбросов. Их совокупное количество называется NO_x. Вредное воздействие NO_x объясняется их участием в фотохимических реакциях, оказывающих непосредственное воздействие на людей и растительность. С другой стороны, угарный газ менее токсичен и представляет непосредственную опасность только в том случае, если концентрация превышает 50 мг/м³ и воздействие превышает 8 часов.

2.2 Рекомендации по применению новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах

Система обеспечения взрывопожароопасности ООО «ПФ Сокол» должна быть построена на применении конструктивных, компоновочных и технических решений.

К первой группе таких решений можно отнести обратные и огнезадерживающие клапаны вентиляционных систем, нацеленных на

предотвращение распространения опасных примесей и дыма в воздух, герметичные и огнестойкие транзитные системы [29].

Примерами объектов второй группы являются разделение территории компрессорной станции на производственную и вспомогательную зоны, кольцевой проезд площадки, грамотное расположение систем производства и обеспечения безопасности, ремонт, ревизия и монтаж оборудования в установленные сроки.

И наконец, в третью группу включены мероприятия по обеспечению защиты от воздействия всех видов электричества, пожаров. Также важно организовать контроль за утечкой продукта (газа), работу системы вентиляции [49].

Снижение вероятности воздействия электричеством можно обеспечить применением следующим мероприятии

- использование материалов и оборудования, имеющих низкую степень взрывоопасности,
- использование в потенциально взрывоопасных помещениях специальных заземляющих кабельных проводов,
- применение систем противомолниевой защиты, средствами охраны от электромагнитной и электростатической индукции. При этом, молниеотводы могут быть как отдельно стоящими, так и комплексными технологическими установками,
- заземление установок и оборудования,
- зануление электроустановок (нулевая жила кабеля, стальные трубы электропроводки) и металлических объектов производства,
- использование вторичных средств защиты, в том числе конденсаторосборники, свечи, пылеуловители,
- применение заземления всех трубопроводов и бронирование кабелей при входе на территорию взрывоопасных объектов.

Основными средствами и системами заземления можно считать подземные железобетонные и металлические конструкции, фундамент зданий и объектов газопроводной сети [50]. Дополнительные средства защиты – металлические стержни.

ООО «ПФ «Сокол» полностью соблюдает требования пожарной безопасности, установленные Федеральным законом 123-ФЗ, ВППБ-01-04-98, и соответствующими стандартами на пожарную технику и сооружения.

Обеспечение пожарной безопасности на компрессорной станции обеспечивается благодаря применению первичных средств пожаротушения, системой пожарного водоснабжения и также благодаря применению автоматических систем пожаротушения и сигнализации.

Компрессорный цех № 1,2.

Газоперекачивающие агрегаты ГТ-750-6А (КЦ №1), ГТК-10-4 (КЦ №2), оборудованы автоматической системой пенного пожаротушения которая обеспечивает подачу сигнала о пожаре при помощи тепловых пожарных извещателей ДПС-038 (установленных в десяти пожароопасных местах турбоагрегатов), промежуточного исполнительного органа ПИО-017, с которого сигнал «пожар» поступает в шкаф ЩТА – 9, а так же сигнализирующих устройств и автоматическое тушение очага пожара высокократной механической пеной.

В комплектность установки входят:

- резервуары для воды 50 м³ – 2шт.,
- резервуар для пенообразователя 5 м³,
- насосы (основной и резервный) с запорной арматурой;
- пеногенераторы ГПС-600 на каждый т/а - 5 шт.,
- коммуникации коллектора,
- электрическая и ручная задвижка на каждый т/а.

Согласно результатам исследования ВИПТШ, средняя наработка на отказ системы пожарной сигнализации такого типа составляет 8153 ч, вероятность безотказной работы - 0,951 за 720 часов.

Система автоматического углекислотного пожаротушения (АУГПТ) цеха 1,2 предназначена для тушения CO₂ пожаров находящихся под напряжением электрооборудования и кабелей, расположенных в кабельных каналах. Установки могут эксплуатироваться при температуре от -20С до +55°С.

Система пожаротушения цеха №1 состоит из 6 установок.

- Машзал: - две стойки А-СТ-1. В каждой стойке 1 модуль МГП 16-100 с электропуском,
- КТП №1: - Стойка А-СТ-1 с МГП 16-40 с электропуском,
- Кабельная шахта: - стойка А-СТ-3 с 3 МГП 16-100 (1 МГП с электропуском , 2 МГП с пневмопуском),
- ЩСУ-6: - Стойка А-СТ-1 с МГП 16-100 с электропуском,
- ЩСУ-3: Стойка А-СТ-1 с МГП 16-40 с электропуском.

Каждая установка с системой трубопроводов работает совместно с прибором ППКОПП «Роса 2SL» , дымовыми пожарными извещателями ИП 212-3СУ, пультом дистанционного пуска ПДП. На все установки в помещении операторной установлен пульт ППС-3.

Система пожаротушения цеха №2 состоит из 7 установок.

- Машзал: - две стойки А-СТ-2. В каждой стойке 1 модуль МГП 16-100 с электро-пуском, 1 модуль МГП 16-100 с пневмопуском,
- КТП №2: - Стойка А-СТ-1 с МГП 16-40 с электропуском,
- Кабельная шахта: - стойка А-СТ-3 с 3 МГП 16-100 (1 МГП с электропуском , 2 МГП с пневмопуском),
- ЩСУ-1: - Стойка А-СТ-1 с МГП 16-100 с электропуском,
- ЩСУ-2: Стойка А-СТ-1 с МГП 16-100 с электропуском,
- КТП №3: - Стойка А-СТ-1 с МГП 16-40 с электропуском.

Каждая установка с системой трубопроводов работает совместно с прибором ППКОПП «Роса 2SL» , дымовыми пожарными извещателями ИП 212-3СУ, пультом дистанционного пуска ПДП. На все установки в помещении операторной установлен пульт ПС-8.

Основные технические данные:

- рабочий диапазон давления модуля : МГП 16 - 3,92-14,7МПа,
- параметры электрического пуска модуля (только для МГП с электропуском) : напряжение постоянного тока, В 24, сила тока, А от 0,45 до 0,55,
- давление срабатывания при пневмопуске, не менее 1,0 МПа.

Компрессорный цех № 3.

Система пожаротушения углекислым газом на турбоагрегате ГТК – 10 ИР предназначена для детектирования и последующего тушения пожара, возникшего в отсеках турбины и вспомогательного оборудования путем быстрого снижения концентрации кислорода в отсеках с 21% до 15%.

Система состоит из :

- пятнадцати баллонов с углекислым газом, установленных в специальном блоке CO₂ и подключенных гибкими шлангами к системе выпускных коллекторов - первичной и вторичной. Блок CO₂ – отапливаемый в холодное время года,
- одиннадцати впускных форсунок – распылителей, три из которых расположены в отсеке вспомогательного оборудования, а оставшиеся восемь в турбинном отсеке,
- девяти контактных датчиков пожара, два из которых в отсеке вспомогательного оборудования, пять в турбинном отсеке, и два в отделении выхлопа.

Автоматическая система газового (углекислотного) пожаротушения ПК4510-01 агре-гатов ГПА-Ц-16-1С состоит из:

- 25 тепловых датчиков,

- 6 оптических,
- 4 дымных,
- модулей газового пожаротушения МП-150-40-10 в количестве 24 шт.

Предназначена для обнаружения и пожаротушения в следующих отсеках: укрытия ГПА-Ц-16-1С; отсек двигателя (в том числе – кожух двигателя); отсек компрессора (нагнетателя); отсек маслоагрегатов; отсек (блок) автоматики; отсек пожаротушения.

Компрессорный цех № 4.

Газоперекачивающие агрегаты ГПА-10 “Волна” оборудованы автоматической системой пенного пожаротушения идентичной АСПТ КЦ № 1,2 которая обеспечивает подачу сигнала о пожаре при помощи тепловых пожарных извещателей ДПС-038 (установленных в десяти пожароопасных местах турбоагрегатов), промежуточных исполнительных органов ПИО-017, с которого сигнал «пожар» поступает в шкаф ЩТА – 9, а так же сигнализирующих устройств и автоматическое тушение очага пожара высокократной механической пеной.

В комплектность установки входят:

- резервуары для воды 50 м³ – 2шт,
- резервуар для пенообразователя 5 м³,
- насосы (основной и резервный) с запорной арматурой,
- пеногенераторы ГПС-600 на каждый т/а 5 шт. и один мобильный с рукавом,
- коммуникации коллектора,
- электрическая и ручная задвижка на каждый Т/А.

Кабельное подполье операторной, дизельная электростанция оснащены системой пожарной сигнализации, автоматической системой газового пожаротушения, (013.03-АСПТ.ПС.СО).

Установка предназначена для обнаружения и тушения пожара с одновременной сигнализацией и подачи тревожного сигнала в помещение дежурного персонала.

Применяемое для тушения вещество двуокись углерода (СО₂). Для хранения и выпуска в защищаемые помещения ОТВ применены серийно выпускаемые модули газового пожаротушения МГП – 16 – 80.

Компрессорный цех № 5

Агрегаты ГПА-Ц-25СД/76-1,44М оборудованы системой газового пожаротушения на базе МИЖУ.

Автоматическая установка газового пожаротушения является централизованной на основе модуля изотермического для жидкой двуокиси углерода МИЖУ-16/2,2 емкостью 16м³, производства ЗАО «АРТСОК», предназначена для тушения и ликвидации пожара одного из трех укрытий ГПА, (включая тушение под кожухом двигателей).

Изотермический модуль МИЖУ установлена в отдельном помещении станции пожаротушения.

Автоматизированная система пожарной сигнализации и пожаротушения и контроля загазованности (АСПТ и КЗ) обеспечивает выполнение следующих функций по укрытиям агрегатов:

- обнаружение возгорания и непрерывной контроль уровня загазованности в помещениях,
- выдача команд управления па запуск установок ПТ как в автоматическом режиме, так и от кнопок дистанционного пуска,
- контроль исправности цепей извещателей, цепей пуска установок ПТ,
- световая и звуковая сигнализация оповещения о пожаре и загазованности,
- индексация режимов работы и состояния средств ПТ,
- контроль работоспособности системы и ее составных частей.

Автоматические установки охранно-пожарной сигнализации. На ООО «ПФ Сокол» все административные, производственные и складские здания и помещения, кабельные каналы, оборудованы автоматическими установками пожарной сигнализации и системами оповещения согласно требований нормативных документов НПБ 88-01* [27], НПБ 104-03 [10], НПБ 110-03 [28.] на пульт управления помещения службы безопасности и на пульт районной пожарной части.

Компрессорная станция оснащена компьютерной системой охранно-пожарной сигнализацией «Орион», управление до 127 приборов по интерфейсу RS – 485.

Используемые приборы С 2000 – 4 - 4шс. Сигнал – 20 и Сигнал – 20П по 20 шт. Приборы установлены на объектах Юбилейного ЛПУ МГ. Питание системы приборов 12вт. постоянного тока осуществляется с помощью блоков бесперебойного питания «СКАТ», РИП – 12, ББП – 20.

Пожарные извещатели :

- тепловые : ИП – 103 – 5, ИП – 103 – 3,
- дымовые : ИП – 212 – 3 СУ, ИП – 212 – 10, ИП – 212 – 44, Пламени: «Пульсар – 1», «Набат» ,
- ручные – ИПР – 3СУ, ИПР и.,

а так же используются охранные извещатели:

- магнито-контактные – ИО 102 - 16, ИО – 102 – 26,
- Пассивные инфрокрасные: «Colt» , «Сокол – 2», ДТ – 4315.

Объекты компрессорного цеха № 5 оборудованы системой пожарной сигнализации SCHRACK seconet с установленной станцией ЦСПС Интеграл на проходной и внешними пультами MMI-CIP в операторной цеха и в пожарном депо, с реализацией 100 процентов резервирования, т.е. одна и таже станция АПС оснащена двумя независимыми системами.

Противопожарное водоснабжение компрессорной станции ООО «ПФ Сокол» включает в себя: 1 подземный пожарный водоем емкостью 500 м3,

заполняемый автоматически из 4-х артезианских скважин; наружный противопожарный кольцевой водопровод диаметром 150-200 мм с 25-ю подземными пожарными гидрантами; внутренний пожарный водопровод, оборудованный пожарными шкафами с установленными в них пожарными кранами, рукавами и стволами. Давление в водопроводе повышается за счет пожарных насосов. Расход воды соответствует СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» [25]. Два раза в год проводится проверка противопожарного водоснабжения. Выявленные замечания, неисправности устраняются в установленные сроки.

В сеть противопожарного водопровода территории КЦ № 5 вода подается насосной станцией противопожарного водоснабжения производительностью $Q=25$ л/с при напоре $H=50$ м из двух полузаглубленных противопожарных резервуаров воды емкостью 250 м³ каждый [20]. В резервуары вода поступает из 3-х водозаборных скважин. На площадке установлены 10 подземных пожарных гидрантов.

Все производственные объекты обеспечены первичными средствами пожаротушения согласно требований ППБ 01-03, ВППБ-01-04-98.

На ООО «ПФ Сокол» имеются следующие первичные средства пожаротушения:

Компрессорные станции:

- огнетушителей углекислотных ОУ-80 – 8 шт.,
- огнетушителей углекислотных ОУ-40 – 3 шт.,
- огнетушителей углекислотных ОУ- 10 – 5 шт.,
- огнетушителей углекислотных ОУ-5 – 9 шт.,
- пожарных щитов – 3 шт.,
- ящиков с песком – 13 шт.,
- пожарных кранов – 48 шт.

КЦ № 3:

- огнетушителей порошковых ОП-50 – 13 шт.,

- огнетушителей порошковых ОП-10 – 24 шт.,
- огнетушителей порошковых ОП-8 – 10 шт.,
- огнетушителей углекислотных ОУ-80 – 11 шт.,
- огнетушителей углекислотных ОУ- 10 – 9 шт.,
- огнетушителей углекислотных ОУ-5 – 10 шт.,
- огнетушителей углекислотных ОУ-3 – 11 шт.,
- пожарных щитов – 6 шт.,
- пожарных кранов – 24 шт.

КЦ № 5:

- огнетушителей порошковых ОП-50 – 18 шт.,
- огнетушителей порошковых ОП-10 – 42 шт.,
- огнетушителей углекислотных ОУ-5 – 28 шт.,
- огнетушителей углекислотных ОУ-10 – 10 шт.,
- огнетушителей углекислотных ОУ-2 – 142 шт.,
- пожарных щитов – 11 шт.,
- пожарных кранов – 42 шт.

На территории города Краснокамск Пермского края находится районная пожарно-спасательная часть, имеющая ежедневно в боевом расчете две пожарных машины на базе УРАЛ (5557) и АЛ-30, а так же ежедневно заступает 17 человек личного состава караула. Пожарные автомобили полностью укомплектованы, согласно норм положенности.

Персонал ООО «ПФ «Сокол» проводит занятия, инструктажи и другие мероприятия по соблюдению требований пожарной безопасности. Эти действия осуществляются в соответствии с приказами, положениями, расписаниями занятий, тематическими планами и другими соответствующими нормативными документами.

К документам ООО «ПФ «Сокол» по вопросам пожарной безопасности относятся:

- договор на техническое обслуживание систем пожарной сигнализации, систем пожарной сигнализации и установок пожаротушения;
- акты огнезащитной обработки горючих конструкций кровли;
- протокол испытаний внешних пожарных лестниц (действителен в течение пяти лет) и отчет о проверке структурной целостности (ежегодно);
- протокол испытаний ограждения крыши здания (действителен в течение пяти лет) и отчет о проверке целостности конструкции (ежегодно);
- протокол испытаний систем противопожарного водоснабжения (раз в два года);
- приказ назначить ответственных за пожарную безопасность;
- приказ об организации и проведении обучения работников по пожарной безопасности, включая свидетельства о прохождении обучения;
- приказ об установлении на объекте режима пожарной безопасности;
- приказ о создании добровольной пожарной дружины;
- журнал инструктажей по пожарной безопасности;
- журнал учета огнетушителей и паспорта огнетушителей;
- инструкция о мерах пожарной безопасности на объекте, а также другие организационно-распорядительные документы, связанные с пожарной безопасностью (полный перечень имеется);
- акт практической проверки планов эвакуации (раз в два года для зданий с населением 50 и более человек);
- график очистки воздухопроводов системы вентиляции (касается столовых, кафе, промышленных помещений и т.п.);
- акт испытания пожарных гидрантов на наружной сети водопровода на водоотдачу (проводится весной и осенью при наличии гидрантов);
- акты проверок молниезащиты и защиты от статического электричества (актуально для высотных зданий);
- декларация пожарной безопасности;
- журнал инструктажей по пожарной безопасности;

3 Опытнo-экспериментальная апробация предлагаемой технологии пожаротушения на особо взрывоопасных объектах

3.1 Внедрение новой технологии пожаротушения на особо взрывоопасных объектах

Оценка потенциальных опасностей на объекте проводится с использованием различных методов. Это включало анализ адиабатического расширения газа, которое является начальной стадией любого сценария аварии. Также были рассчитаны параметры ударной воздушной волны с учетом разрыва трубы сжатого газа. [36]. В основе этого расчета лежит модель наземного взрыва с определенным тротильным эквивалентом с учетом потерь энергии, связанных с разрушением труб и образованием воронок в случае подземных трубопроводов.

Зоны расширения сжатого газа вследствие разрушения трубопроводов были разделены на два типа: зоны разрушения зданий и сооружений и зоны воздействия ударной волны на людей. Критериями определения тяжести разрушения зданий при разрывах трубопроводов были определены следующие:

- Зона полного разрушения: $P=70,1$ кПа, $I=770$ Па*с, $k=886100$ Па²*с.
- Граница зоны сильного разрушения (50-75% стен разрушено или находится на грани разрушения): $P=34,5$ кПа, $I=520$ Па*с, $k=541000$ Па²*с
- Граница зоны значительного повреждения (повреждены некоторые несущие элементы конструкции): $P=14,6$ кПа, $I=300$ Па*с, $k=119200$ Па²*с
- 10% разрушение остекления: $P=2$ кПа, $I=0$ Па*с, $k=0$

Размер площади воздействия ударной волны на человека на открытом пространстве определяется перепадом давления на фронте ударной волны в предположении бесконечно большой длительности импульса. Повреждение отдельных лиц определяется воздействием на легкие с учетом метательного

воздействия ударных волн воздуха. На открытых и незагроможденных территориях параметры УВВ соответствуют следующим уровням поражения:

- Смертельная травма (вероятность 99%) при температуре -350 кПа.
- Порог летального поражения, зона безвозвратных потерь -200 кПа.
- Чрезвычайно тяжелые травмы при температуре -100 кПа.
- Тяжелые травмы при температуре -60 кПа.
- Травмы средней степени тяжести при -40 кПа.
- Легкие травмы, зона санитарного повреждения -20 кПа.

При разрушении газопровода, а именно на начальном этапе любой аварии, разлет фрагментов труб зависит от вязкостных характеристик используемой стали.

Для анализа характеристик ударных волн, возникающих при дефлаграционном горении природного газа, выброшенного в атмосферу, использовались различные подходы. При этом учитывалась чувствительность топлива к взрыву и окружающей среде, которая влияет на турбулентность и скорость фронта пламени [5]. Природный газ в системе трубопроводов (в частности, метан) относится к низшему классу, что указывает на слабую чувствительность при размере детонационной ячейки более 40 см. Условия выхода газа в атмосферу классифицируются как слабозагроможденное и свободное пространство, минимально влияющее на распространение фронта пламени [33]. Критерии повреждения зданий, сооружений и травмирования людей аналогичны критериям адиабатического расширения сжатого газа.

Размер зоны термического воздействия зависит от размера первичного облака теплой воды, когда метан находится на верхнем пределе концентрации.

Это может произойти в виде плоской или вертикальной высокоскоростной струи или в виде близкого к вертикальному относительно низкоскоростного газового шлейфа из ямы.

При плоском выбросе длину струи выброса принимают за ее глубину, а ширину зоны воздействия равняют ширине струи газовыделения.

При вертикальном или столбчатом излучении за высоту струи выброса (столба шлейфа) принимают ее глубину, а ширину зоны воздействия равняют диаметру струи газовыделения (столба шлейфа).

Горение истекающего газа (сценарии С1, С2)

Термин «участки, поврежденные во время пожара», относится к участкам, на которые воздействует как открытое пламя, так и тепловое излучение [8]. Степень ущерба, причиненного открытым пламенем, зависит от доступного пространства для возникновения пожара. Люди получили тяжелые травмы, а легковоспламеняющиеся материалы воспламенились непосредственно под воздействием огня.

Размер площади воздействия открытого огня при газоструйном горении определяется геометрическими размерами факела (при плоскоструйном горении) или сочетанием размера ямы и размера огня с подветренной стороны (при столбовом пожаре).

В сценариях пламя пожара представлено в виде вертикального или наклонного цилиндрического твердого излучателя тепла, как показано на рисунке. 1.

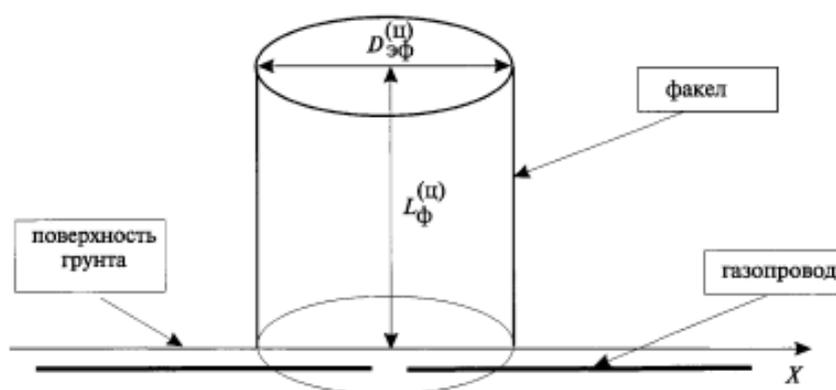


Рисунок 1– Представление пламени пожара на газопроводе при сценариях группы СГ2 «Пожар в котловане»

Массовый расход газа при аварийном истечении с обоих концов разрушенного газопровода в момент времени t или его среднему значению за заданный период Δt , измеряемому в G (граммах) и кг/с (килограммах в секунду).

$Q_{ТН}$ – низшая теплота сгорания газа, Дж/кг;

Искомые параметры:

$L_{ф(Ц)}$ – длина (высота) цилиндра пламени, м.,

$D_{эф(Ц)}$ – эффективный диаметр очага пожара, м.,

Искомые параметры определяются путем решения следующей системы уравнений относительно переменных $L_{ф(Ц)}$ и $D_{эф(Ц)}$

$$L_{ф(ц)} = 0,23 * Q_{ф0,4} - 1,02 * D_{эф(1)}$$

где $Q_{Ф}$ — общее тепловыделение пожара, кВт.,

$Q_{ТН}$ - низшая теплота сгорания метана, кДж/кг.

Порядок расчета.

Расчет геометрических размеров пламени для сценариев группы С2 «струевыепламя».

Длина видимого пламени увеличивается на 20-25% при удалении природного газа из газопроводов плоской струей при сверхкритических параметрах, особенно при горизонтальной ориентации источника выбросов и нахождении на земле [54]. Это связано с замедлением струи и изменением поверхности, улавливающей выбрасываемый газ.

Конечная часть плоского факела заметно загнута вверх и при горении дает отдельные языки пламени [52]. Он относительно мало влияет на общее тепловое излучение, излучаемое горелкой в окружающую среду. Кроме того, слабосветящий начальный участок факела незначительно влияет на характеристики теплового излучения.

Для сценариев указанной группы пламя моделируется как твердый тепловой излучатель в виде усеченного конуса, наклонного или горизонтального отмечено рисунок 2,3.

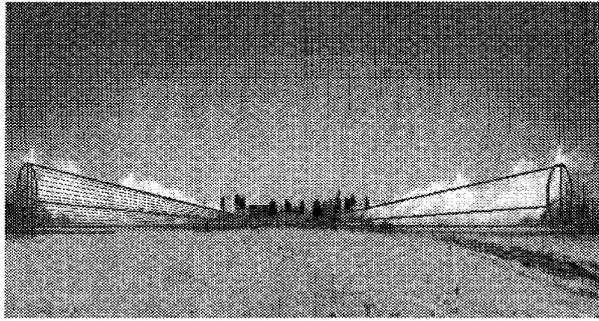


Рисунок 2 - Встречное струевое горение. Излучающая поверхность пламени

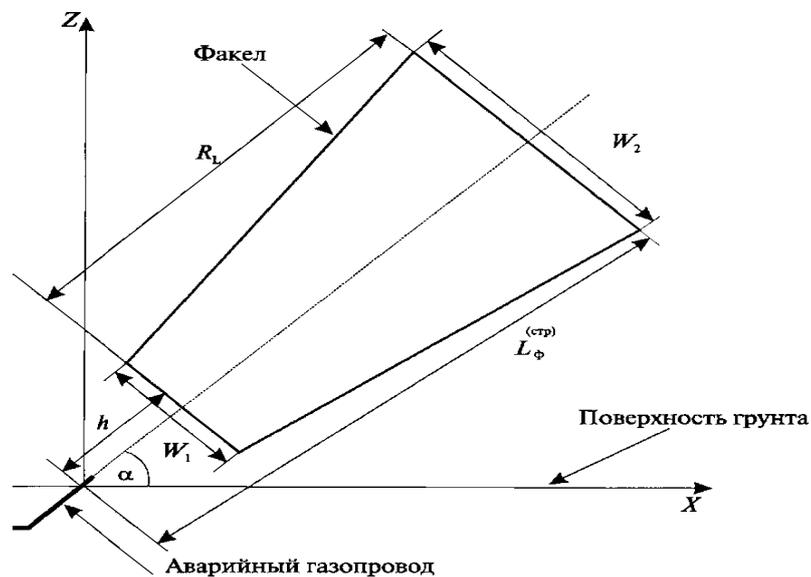


Рисунок 3 - Струевое пламя при сценариях аварий группы С2
«струевыепламя» (показана одна струя)

Исходные данные:

G_1 интенсивность истечения газа из аварийного участка газопровода выше по потоку газа от места разрыва, кг/с (определяется по методике)

G_2 — интенсивность истечения газа из аварийного участка газопровода ниже по потоку газа от места разрыва, кг/с (определяется по методикам)

Q_{TH} — низшая теплота сгорания газа, Дж/кг;

ρ_n — плотность газа в нормальных условиях, кг/м³;

U_0 - скорость ветра, м/с,

W - атмосферная влажность, %,

g - ускорение свободного падения, м/с²,

k - показатель адиабаты газа; б/р,

R — удельная газовая постоянная, Дж/Дмоль • К,

α — угол наклона к горизонту оси конусообразного пламени, град,

T_0 - температура транспортируемого газа в месте разрыва до аварии, К,

d_0 — диаметр трубы, м.,

P_a - атмосферное давление, Па,

T_0 — температура транспортируемого газа в месте разрыва до аварии.

Искомые параметры:

$L(\text{стр})\text{ф}$ - общая длина струевого пламени (факела), м.,

h - отрыв факела от выходного сечения отверстия истечения, м.,

RL - длина видимой части конусообразного пламени (высота усеченного конуса), м.,

W_1 - ширина малого основания усеченного конуса пламени, м.,

W_2 - ширина большого основания усеченного конуса пламени, м.

Порядок расчета.

Для критических условий ($M = 1$ - число Маха) аварийного истечения газа из конца разрушенного участка газопровода (в аварийном выходном сечении участка трубопровода) (индекс «E») устанавливаются следующие газодинамические параметры потока (скорость, плотность и давление)

$$u_e = A_e = (2k + 1 * R * T_0) \quad (2)$$

где αE — местная скорость звука;

$f_E = (\pi d_0^2) / 4$ — площадь поперечного сечения трубы.,

G_1 — массовый расход газа, кг/с соответственно для первой ($i = 1$) и второй ($i = 2$) струй.

Проверка критического состояния оттока необходима для обеспечения правильного применения последующей процедуры. Если статическое

давление на выходном участке трубопровода превышает атмосферное, это гарантирует правильное состояние потока. Несоблюдение этого условия приводит к дозвуковому истечению газов с малыми размерами в загрязненной зоне, которым можно пренебречь по сравнению с зоной, наблюдаемой при истечении звука.

После выходного участка происходит изоэнтропийное расширение газа в определенном сечении (диаметр некоторых труб), ускоряющее поток до сверхзвуковой скорости ($M > 1$), и в системе ударных волн в этой области возникает значительная неоднородность потока, которая вызывает потерю общего давления, обусловленное действием ударной волны [53]. В конечном счете давление в поперечной плоскости потока будет равным, достигая атмосферного давления, которое в газовой динамике описывается как "изобарическое поперечное сечение бесчисленной струи" или "ударная поверхность".

По самым скромным подсчетам, расчет зоны действия вредных факторов газовых пожаров проводился на ранних стадиях аварии (при критических и сверхкритических разливах газа в первые 2-3 секунды) [52]. При дальнейшем развитии аварии, за счет снижения расхода газа, размер зоны действия вредных факторов газового пожара уменьшается, и по истечении первой 1 минуты аварии составляет не более 80% от первоначальных параметров.

Таблица 1 – Основные результаты расчета вероятных зон действия поражающих факторов при разрывах газопроводов и взрывах ТВС (начальные стадии сценариев аварий)

Участок газопроводов	Параметр	Значение параметра
<p style="text-align: center;">Воздействие воздушной ударной волны при адиабатическом расширении газа, истекающего из поврежденного трубопровода (начальная стадия любого сценария аварии)</p>		

Продолжение таблицы 1

Ду 1400 10,0 МПа	Размеры зон поражения людей от воздействия на легкие и метательного действия ВУВ, м	
	Безвозвратные потери (200 кПа)	5,9
	Граница безопасной для людей зоны (20 кПа)	20,8
	Размеры зон разрушения зданий и сооружений, м	
	Полное разрушение (100 кПа)	8,5
	Тяжелые повреждения (70 кПа)	9,8
	Средние повреждения (28 кПа)	16,9
	Разрушение оконных проемов (14 кПа)	26,7
	Частичное разрушение остекления (2 кПа)	137,8
Ду 1400 7,5 МПа	Размеры зон поражения людей от воздействия на легкие и метательного действия ВУВ, м	
	Безвозвратные потери (200 кПа)	4,5
	Граница безопасной для людей зоны (20 кПа)	16,0
	Размеры зон разрушения зданий и сооружений, м	
	Полное разрушение (100 кПа)	6,5
	Тяжелые повреждения (70 кПа)	7,5
	Средние повреждения (28 кПа)	13,0
	Разрушение оконных проемов (14 кПа)	20,5
	Частичное разрушение остекления (2 кПа)	106,0
Ду 1200 5,5 МПа	Размеры зон поражения людей от воздействия на легкие и метательного действия ВУВ, м	
	Безвозвратные потери (200 кПа)	3,7
	Граница безопасной для людей зоны (20 кПа)	13,0
	Размеры зон разрушения зданий и сооружений, м	
□	Полное разрушение (100 кПа)	5,2
	Тяжелые повреждения (70 кПа)	6,2
	Средние повреждения (28 кПа)	10,5
	Разрушение оконных проемов (14 кПа)	17,0
□	Частичное разрушение остекления (2 кПа)	86,0
Ду 150 5,5 МПа	Размеры зон поражения людей от воздействия на легкие и метательного действия ВУВ, м	
	Безвозвратные потери (200 кПа)	-
	Граница безопасной для людей зоны (20 кПа)	1,7
	Размеры зон разрушения зданий и сооружений, м	
	Полное разрушение (100 кПа)	-
	Тяжелые повреждения (70 кПа)	-
	Средние повреждения (28 кПа)	1,5
	Разрушение оконных проемов (14 кПа)	2,1
	Частичное разрушение остекления (2 кПа)	10,5

* - параметры воздушной ударной волны, возникающей при взрыве ТВС на газопроводах Ду 100 и менее крайне незначительны и в таблице не приводятся.

Таблица 2– Дальность разлета осколков трубы

Условный диаметр трубопровода, мм	1400	1200	150
Дальность разлета осколков, м	92	77-85	19

Оценка вредных выбросов компрессорного цеха.

При транспортировке природного газа газоперекачивающие агрегаты вносят значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха выбросами. Эти выбросы в основном состоят из оксидов азота (NO и NO₂) и метана, которые выделяются при штатной эксплуатации, пуске, останове, ремонте и замене оборудования. Особую озабоченность вызывают оксиды азота (NO_x), поскольку они способствуют фотохимическим реакциям, оказывающим пагубное воздействие на людей и растительность.

Оксид углерода менее токсична, чем оксиды азота, и становится непосредственной угрозой только при концентрации выше 50 мг/м³ и времени воздействия, превышающем 8 часов. Лаборатория службы производственного и экологического мониторинга на основании своего анализа подтвердила, что NO_x является основным загрязнителем. Они оценили выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников и проверили их соответствие нормам ПДВ. Параметры полученных результатов приведены в таблице.3.

Определение источника прибора - это определение содержимого прибора.:

- Высокое давление,
- Абсолютное давление на обратной стороне компрессора высокого давления,
- Температура перед валом компрессора,
- Температура продукта горения,
- Количество продукта горения,

- Коэффициент остаточного воздуха,
- Расщепление подкисленного углерода (CO₂),
- Кислотная резка и связывание,
- Концентрация удушающих кислот,
- Концентрация одноокисленного углерода,
- Концентрация диоксида серы.Содержание вредных веществ в

выхлопных газах газоперекачивающих агрегатов измерялось с помощью газоанализаторов Testo-350 XL и DAG-500 в выделенных точках газоходов.

Таблица 3 - Определение физических характеристик источников загрязнения
Определение аэродинамических характеристик источников

Измеряемые параметры	Единица измерения	Прибор (метод)	Диапазон измерения
Температура отходящего газа	°С	Газоанализаторы Testo-350 XL ДАГ -500	-40...+1200- 20...+800
Давление	атм.	Датчик давления, штатное место ГПА;	0...10 кПа
Скорость отходящего газа	м/сек	Газоанализаторы Testo- 350 XL ДАГ-500 (датчик давления ДАГ- 530)	21 м/с0 - 1,6 кПа
Объем отходящего газа	м3/сек	Расчётный	-

Таблица 4 - Инструментальное определение концентраций загрязняющих веществ от стационарных источников

Наименование вещества	Принцип измерения	Наименование приборов	Диапазон измерений и погрешность
Оксиды азота	Электрохимический метод	Газоанализаторы Testo-350 XL ДАГ -500	(+100ч1999,9ppm) ±5% от изм. зн
Диоксид азота	Электрохимический метод	Газоанализаторы Testo-350 XL ДАГ -500	(0 ч 500ppm) ±5% от изм.зн
Оксид углерода	Электрохимический метод	Газоанализаторы Testo-350 XL ДАГ -500	(0...+10000ppm) ±5% от изм. зн (0 ч 30000ppm) ±5% от изм. зн

Продолжение таблицы 4

Двуокись серы	Электрохимический метод	Газоанализаторы Testo-350 XL ДАГ -500	(0 - 5000ppm) +- 5% от изм. Зн (0 - 4000ppm) +- 10% от изм. зн.
Кислород	Электрохимический метод	Газоанализаторы Testo-350 XL ДАГ -500	(0...+25об%) ± 0,2об% (0 - 20,9об%) ± 0,2об%

Физические параметры измеряли с помощью многофункционального прибора «Тесто-400» согласно рекомендациям, изложенным в инструкциях по проведению контрольных измерений вредных выбросов газотурбинных установок на компрессорных станциях [32]. Для улучшения экологической обстановки в зоне компрессорного цеха необходимо сосредоточить внимание на снижении выбросов оксидов азота. Этого можно достичь путем решения проблемы образования вредных веществ в турбулентном пламени камер сгорания газоперекачивающих агрегатов.

Снижение окислов азота.

NOx в дымовых газах можно снизить путем улавливания и нейтрализации их из выбросов. Чтобы ограничить их образование, температуру сгорания в камере сгорания газовой турбины снижают, при этом температура газов на входе в турбину находится в пределах 1100-1300 °С из-за материальных ограничений.

Для снижения выбросов оксидов азота из выхлопов газоперекачивающих агрегатов можно использовать два метода. Во-первых, температуру пламени можно снизить за счет увеличения коэффициента избытка воздуха в зоне горения. Во-вторых, для повышения полноты сгорания топлива можно увеличить длину зоны сгорания. Поддержание высокой эффективности сгорания при различных уровнях нагрузки имеет решающее значение для эффективности газотурбинной установки. Повышение температуры воздуха перед камерой сгорания существенно улучшает полноту сгорания топлива.

Изучалась возможность замены газотурбинных газокompрессорных электроприводные, но она была признана нецелесообразной из-за экономических и технических ограничений. В отличие от электростанций, где для снижения уровня оксидов обычно используется впрыск воды или пара, на компрессорных станциях этот метод нецелесообразен из-за недостаточного количества и качества воды или пара.

В рамках программы по ограничению и снижению выбросов оксидов азота на компрессорных станциях разработано горелочное устройство с предварительно смешанным топливом. Этапы и методы решения приведены в таблице 5.

Таблица 5– Основные этапы создания и освоения малотоксичных камер сгорания

Этапы	Методы решения и требования
Выбор профиля камеры сгорания, основных конструктивных и режимных параметров.	С учетом параметров ГТУ, вида топлива, его назначения, технических требований на поставку.
Процесс включает в себя разработку концепции организации горения гомогенных смесей, выбор фронтального устройства и профиля модуля, определение количества контуров подачи топлива, определение основных размеров камеры сгорания.	Разработка комплексной базы данных экономичных и экологически чистых камер сгорания с учетом опыта, полученного в результате российских и международных усилий в этой области.
Выбор конструкции пламенной трубы, газосборника и системы охлаждения.	Температура металла должна оставаться ниже 800 - 830 градусов Цельсия, а жаровая труба и газосборник должны быть рассчитаны на эластичность и термостойкость, рассчитанную на срок не менее 30 000 часов.
Расчетное и экспериментальное исследование процессов смешения топлива с воздухом в модуле фронтального исследования.	Получение гомогенных смесей топлива с воздухом в зоне смешения камеры сгорания при оптимизации конструктивных параметров модуля.
Расчетное и экспериментальное	Определение основных характеристик камеры сгорания.

Продолжение таблицы 5

Расчетное исследование процессов смещения и выгорания с помощью математического моделирования.	Определение структуры факела по сечениям камеры сгорания, оптимизация режимов выгорания гомогенных смесей с получением минимальных выбросов.
Расчетное и экспериментальное исследование систем охлаждения и температурного состояния металла основных элементов камеры сгорания.	Определение температурного уровня всех элементов камеры сгорания.
Расчеты термонапряженности и термopрочности стенок пламенной трубы, газосборника, элементов фронтального устройства.	Оценка работоспособности обечаек, газосборника в условиях длительной эксплуатации ГТУ.
Расчетные и экспериментальные исследования по обеспечении процессов сжигания гомогенных смесей без проскоков факела в зону смещения фронтального устройства.	Устранение проскоков факела в зоны предварительного смещения на всех режимах работы ГТУ.
Расчетные и экспериментальные исследования по устранению вибрационного горения во всех режимах работы ГТУ.	Создать эксплуатационные и проектные стратегии по устранению вредных пульсаций давления, возникающих в результате сгорания «бедных» однородных смесей.
Разработка алгоритмов нагружения ГТУ.	Обеспечение надежной и экономичной работы камеры сгорания с минимальными выбросами CO, NOx, CnHm. Оптимизация подачи топлива по контурам и перепуска (в случае необходимости) воздуха.

Характеристика веществ с точки зрения взрывопожаробезопасности.

Основными взрывопожароопасными веществами, обнаруженными на КК №3, являются природный газ и его компоненты. Природный газ представляет собой смесь углеводородов, наиболее распространенным из которых является метан. Другие компоненты, такие как этан, пропан, водяной пар и диоксид углерода, присутствуют в меньших количествах. Состав природного газа может варьироваться в зависимости от его источника. В системе газоснабжения ЦК №3 основным компонентом является метан.

Природный газ бесцветен, не имеет запаха и легче воздуха (удельный вес 0,789). Хотя он не токсичен, он может вызвать удушье, вытесняя кислород в закрытых помещениях, если он присутствует в концентрации 17-20%. Газовоздушная смесь, содержащая 4,4-17% природного газа, может взорваться при наличии открытого огня. Допустимая концентрация газа в

помещении — до 20 % нижнего предела взрываемости (НПВ). Теплотворная способность природного газа составляет 8900 ккал/час.

Газовый конденсат — это легковоспламеняющаяся жидкость, которая выделяется при очистке газа и содержит механические примеси и различные углеводородные компоненты. При работе с газовым конденсатом персонал должен носить защитную одежду и неискрящую обувь. Для предотвращения утечек газа и обнаружения его присутствия в газ добавляют одорант этилмеркаптан (C_2H_5SH) из расчета 16 грамм на 1000 м³. Однако одорант является сильным ядом с резким чесночным запахом, способным вызывать тяжелые отравления, поражения центральной нервной системы, паралич сердца, судороги и воспламеняется при температуре 37°С.

Турбинное масло используется для смазки и охлаждения в системах двигателей с графическим процессором. Он обладает следующими физико-химическими свойствами: плотность (при 20°С) колеблется от 860 до 900 кг/м³, удельная теплота сгорания 41870 кДж/кг, нерастворим в воде. Подробную информацию о характеристиках взрыва и пожароопасности см. в Таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики взрывопожароопасности веществ

Наименование вещества	Характеристика вещества (Взрывопожароопасность: В, О, ПО)	Горючесть	Категория и группа взрывоопасности по ГОСТ 12.1.011-78	Пределы взрываемости, %		Температура вспышки, град.С	Температура самовоспламенения, град.С	Класс опасности (влияние на человека) по ГОСТ 51330.11-99
				нижний	верхний			
Природный газ	ВО	ГГ	IIА-Т1	4,4	17	-	537	-
Газовый конденсат	ВО	ЛВЖ	IIА-Т3	0,76	5,16	Мин. 36	255	4
Машинное (турбинное) масло	ПО	ГЖ	-	-	-	180	400	3

Горение природного газа и нефти вначале сопровождается вспышкой, взрывом, сильным взрывом, высокими температурами, высокой скоростью горения газа и распространением пламени по разлитой нефти.

Пожарная опасность ГПА с газотурбинным приводом обусловлена, прежде всего, наличием постоянного источника возгорания (нагретые технологические поверхности и многочисленные электроприборы). Три пожароопасные зоны внутри ГПА включают зону приводного двигателя, зону нагнетателя (где сжимается природный газ) и зону маслобака (расположен под агрегатом).

Наиболее вероятными причинами пожара или взрыва являются утечка газа, коррозионный износ оборудования и трубопроводов, нарушение технологических процессов, разрушение трубопроводов и арматуры, нарушение подачи газа, утечка топливопровода, разрыв маслопровода, перегрев подшипников турбины, нарушение правил пожарной безопасности, сварочные и огневые работы по ремонту оборудования, а также неосторожное обращение с огнем.

Таким образом, с точки зрения пожарной безопасности, решающее значение имеют показатели взрывопожароопасных свойств горючих веществ и материалов. В данном вопросе были рассмотрены взрывопожароопасные вещества :природный газ, газовый конденсат, машинное (турбинное) масло. Эти вещества представляют большую угрозу компрессорному цеху в случае их разгерметизации могут привести к большой аварии, пожару, гибели людей, большим материальным затрата.

3.2 Анализ и оценка эффективности внедрения предлагаемой технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах

Расчет величины возможного экономического ущерба от пожара в цехе № 3 ООО «ПФ Сокол»

Рассчитаем сценарий разрушения помещений компрессорной станции с выбросом сжиженных углеводородных газов (называемых СУГ) [42]. Это приводит к кипению перегретой жидкости с образованием газовой фазы и охлажденных капель аэрозоля. Жидкая фаза выливается на подстилающую поверхность, растекается, кипит и испаряется, интенсивно смешиваясь с воздухом [54]. Это приводит к рассеиванию газокапельного облака СУГ, как первичного, так и вторичного. Облако или жидкая фаза воспламеняется при наличии источника воспламенения, вызывая горение прямых топливоздушных сетей и облаков. Это приводит к воздействию ударных волн, открытого огня и теплового излучения на людей и близлежащие объекты, что приводит к человеческим жертвам (погиб 1 человек, застрахованный работник).

Величина экономического ущерба от аварий на объектах ООО «ПФ Сокол» рассчитывается при анализе рисков по формуле [33]:

$$\text{ЭУ} = (\text{Упр} + \text{Удр. им. л.} + \text{Уокр. ср.} + \text{Уликв. о.} + \text{Усоц. экон.}) \quad (3)$$

где Упр – прямой имущественный ущерб основных производственных объектов разрушения трубопроводов, площадок линейных крановых узлов, кабели связи и т.д.), руб.

Удр. им. л. – ущерб производству и третьим лицам (здания, сооружения, оборудование сторонних организаций, железнодорожные составы на переходах магистральных газопроводов, руб.

Уокр. ср. – ущерб окружающей среде, руб.

Уликв. о. – затраты на локализацию аварий, ликвидацию ее объектов, руб.

Усоц. экон. – социально-экономический ущерб вследствие гибели и травматизма людей, руб.

В финансовой отчетности ООО «ПФ «Сокол» содержится информация о стоимости оборудования, в том числе расчет прямого имущественного ущерба основным производственным объектам, трубопроводам, площадкам линейных крановых установок, кабелям связи и т.п.

В таблице 7 представлены стоимостные характеристики основных средств, учитываемых по остаточной стоимости на балансе предприятия.

Таблица 7 –Состав и стоимость оборудования цеха

Состав основного производственного объекта	Стоимость на дату аварии (с учетом износа) (рублей)
КЦ№3 – Газотурбинная установка ГТК 10ИР мощностью 10 МВт, производства фирмы “Дженерал Электрик”	3397870,5
агрегат газоперекачивающий ГПА-Ц1-16С/76-1,44М1	106230962,5
производственные системы	1991593
система сбора и удаления жидкости и механических примесей, уловленных в процессе очистки газа	851368
система подготовки топливного пускового и импульсного газа	699338
система маслоснабжения ГПА	258451
система электроснабжения	91218
система вентиляции	38007,5
цеховой коллектор DN1000	76015
пылеуловители (4 шт.) и скрубберы	19923531,5
ГП 628.00.000-17	13948752,5
ГП 144	5708726,5
скруббер Пийрлесс (2 шт.)	266052,5
АВО газа «Крезолуар»	7388658
АВО газа АВГ- 85МГ	5883561
вспомогательные системы компрессорного цеха	5761937
система сбора и удаления жидкости и механических примесей, уловленных в процессе очистки газа	828563,5
система пускового топливного импульсного газа	691736,5
система маслоснабжения ГПА	2029600,5
склад и насосная ГСМ	1284653,5
система снабжения авиационным маслом агрегатов цеха	387676,5
система снабжения турбинным маслом агрегатов цеха	418082,5
система вентиляции	121624
ИТОГО	148 520 600,5

Стоимость оборудования на дату аварии с учетом износа согласно данным бухгалтерского учета составляет 1981,9 тыс.евро или 148 520, 6 тыс. рублей.

2.Расчет ущерба производству и третьим лицам, руб.

Для исследуемой компании сырье (газ) – это часть готовой продукции.

Расчет ущерба представлен в таблице 8.

Таблица 8–Состав и стоимость оборудования цеха

Показатель	Сумма, тыс.руб.
Прямые производственные потери сырья согласно объему производства за сутки аварии	554,6
Потери за простой оборудования во время аварии и за период ее устранения (7 дней)	$554,6 \cdot 7 = 3328,2$
Расходы на выяснение причины аварии	12,5
Итого	3895,3

ООО «ПФ «Сокол» сообщило о суточном объеме добычи газа на сумму 554,6 тыс. руб. Для расчета потерь от простоя в течение 7-дневного периода аварии умножаем среднесуточный объем газа на количество дней без добычи.

3.Расчет ущерба окружающей среде.

Если авария происходит на газопроводе или на производстве, то основным источником загрязнения является воздух. Степень ущерба, причиненного загрязнением воздуха, обычно оценивается с учетом количества загрязняющих веществ, выброшенных в атмосферу.

Ущерб от загрязнения атмосферного воздуха - \mathcal{E}_A

Масса загрязняющих веществ находится расчетным или экспертным путем по действующей методике [16] и приказу Минприроды [15]. Расчет проведен в таблице 9:

Таблица 9 – Расчет объемов выбросов

Тип загрязняющего вещества	Расчет (m_{ij} , т/тгор * $V_{сг}$)	Объемы выбросов (V выбросов)
1.Оксид углерода (CO) - угарный газ, т	0,75*500	379,3692
2.Диоксид углерода (CO2) - углекислый газ, т	0,09*501,8	45,1630
3.Оксиды серы (в пересчете на SO2), т	0,5*247	125,5531
4.Сероводород (H2S), т	0,05*85	4,5163
5.Сажа (C), т	6,86*112	767,7710
6.Синильная кислота (HCN), т	0,03*155	4,5163
7.Дым (ультрадисперсные частицы SiO2), т		0,004516
8.Формальдегид (HCHO), т	0,24*187	4,5163
9.Органические кислоты (в пересчете на СНЗСООН), т	0,4*168	67,7445

$$V \text{ выбросов} = m_{ij}, \text{ т/тгор} * V_{сг}.$$

где V выбросов – объем выбросов т гор.

m_{ij} , т/тгор – удельный выход продуктов горения т/т гор.

$V_{сг}$ - объем сгоревшего газатгор.

Удельный выход продуктов сгорания определяли по методике, указанной в приказе МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 [35, 36]. Объем сжигаемого газа зависит от сценария. Исходя из расчета выбросов при возникновении пожара радиус вероятной зоны поражения может достигать 0,5 км [29].

Размер платы за загрязнение атмосферного воздуха продуктами горения нефти $U_{КА}$ определяется по формуле:

$$U_{КА} = \text{Ставка платы за загрязнение} * \text{объем вещества}$$

Ставка платы определяется региональным законодательством, объем вещества – исходя из объема сгоревшего газа.

Расчет представлен в таблице 10.

Таблица 10– Размер плат за загрязнение атмосферного воздуха продуктами горения

Тип загрязняющего вещества	Расчет	Сумма к выплате, руб.
1.Оксид углерода (CO) - угарный газ, т	1,6*238,1	380,9692
2.Диоксид углерода (CO2) - углекислый газ, т	29,25*1,6	46,8
3.Оксиды серы (в пересчете на SO2), т	3,76*45,4	170,9
4.Сероводород (H2S), т	4,5163*686,2	3099,09
5.Сажа (С), т	767,7710*2214	2981,8
6.Синильная кислота (HCN), т	4,5163*122,2	551,9163
7.Дым (ультрадисперсные частицы SiO2), т	1,27*84	106,8
8.Формальдегид (НСНО), т	4,53*403,5	1828,12
9.Органические кислоты (в пересчете на СН3СООН), т	67,7*5477,5	370799,5

В результате аварии экологический ущерб составит 379 965,9 рублей.

4. Расчет затрат на локализацию аварий и ликвидацию ее последствий.

Под чрезвычайной ситуацией техногенного характера понимается ситуация, когда нормальные условия жизни и труда населения нарушаются, создавая угрозу их жизни, здоровью, региональной экономике, товарам и окружающей среде.

В компенсацию 12 ликвидаторам ЧС включены расходы на питание, топливо и транспортные средства, используемые для тушения пожара.

$$\Phi ЗПсут_i = (\text{мес. оклад}/30) * 1,15 * Ч_i \quad (4)$$

$$\Phi ЗПсут_i = (100.5 * 7) * 12 = 703.5 = 75.3 \text{ тыс. руб.}$$

Количество людей определено исходя из оценки последствий пожара (сценария).

- затраты на питание ликвидаторов аварий = Суточная норма (100 руб.)
- * количество дней (7) * штат ликвидаторов (12 чел.)= 8,4тыс.рублей
- затраты на топливо и горюче-смазочные материалы = Общие затраты ГСМ по каждому виду транспорта = 17,7тыс.рублей

$$\text{Отликв. ав.} = 75,3 + 8,4 + 17,7 = 101,4 \text{ тыс. руб}$$

1. Расчет социально-экономического ущерба вследствие гибели и травматизма людей.

Социально-экономический ущерб в результате гибели людей и травм можно оценить в размере 1 000 000 рублей в виде компенсации пострадавшим родственникам погибшего кормильца (в случае гибели работника при пожаре).

Расчет итоговой суммы расходов представлен в таблице 11.

Таблица 11– Расчет итоговой суммы расходов

Вид расходов	Сумма, руб.
прямой имущественный ущерб основных производственных объектов разрушения трубопроводов, площадок линейных крановых узлов, кабели связи и т.д.)	148 520 600,5
ущерб производству и третьим лицам (здания, сооружения, оборудование сторонних организаций, железнодорожные составы на переходах магистральных газопроводов	3 895 300,0
ущерб окружающей среде	379 965,9
затраты на локализацию аварий и ликвидацию ее последствий	101 400,
социально-экономический ущерб вследствие гибели и травматизма людей	1 000 000
ИТОГО	153 897 266,4

Проведен анализ и оценка эффективности реализации предложенной технологии пожаротушения взрывоопасных объектов. В частности, подсчитан экономический ущерб от пожара на КК №3 ООО ПФ «Сокол».

Потенциальный экономический ущерб от пожара на КЦ № 3 ООО «ПФ «Сокол» составит 153 897 266 рублей, а затраты на внедрение новых

технологий пожаротушения на опасных объектах составят 49 550 000 рублей.

Расчет чистой прибыли:

$$Пч = УПч - Эр (5)$$

где:

УПч– условно чистая прибыль,

Эр–эксплуатационные расходы.

Как правило, чистая прибыль традиционно определяется путем оценки экономического ущерба от пожара, независимо от того, произошел ли он на объекте с развитой системой пожарной безопасности или без таковой. Исходя из статистических данных, в случае пожара на объекте без установленной системы пожарной сигнализации - может быть нанесен ущерб в размере 153 897 266 руб. В случае наличия уже установленной системы на момент возгорания на объекте данное событие можно предотвратить и сохранить всё имущество.

В итоге условно чистая прибыль составит: УПч=153 897 266руб.

Эксплуатационные расходы включают расходы, связанные с обслуживанием, ремонтом оборудования и электроэнергией. Обслуживание оборудования передается специализированной организации, поэтому важно учитывать как затраты на электроэнергию, так и расходы, связанные с обслуживанием системы.

Ориентировочная стоимость потребляемой электроэнергии составит 32 500 руб. Обслуживание и ремонт ориентировочно составляет 500 000 руб. В итоге :Эр= 532 500 руб.

В результате вычислений чистая прибыль с учетом всех внедрений составила:

$$Пч = 153 897 266 - 532 500 = 153 364 766 \text{ руб.}$$

Нормальным считается время окупаемости менее 5 лет. Этот показатель рассчитывается по формуле:

$$\text{Ток} = \text{Кв} / \text{Пч}(6)$$

где:

Ток – время окупаемости

Кв– капитальные вложения

Пч– чистая прибыль

В результате всех вычислений время окупаемости составляет:

$$\text{Ток} = \frac{49550000}{153364766,4} = 3\text{мес.}$$

Заключение

В ходе написания магистерской диссертации были последовательно решены следующие задачи:

- рассмотрено нормативно-правовое обеспечение эксплуатации особо взрывоопасных объектов,
- проведен анализ и сравнение применяемых и новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах,
- определены критерии оценки эффективности новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах,
- даны рекомендации по применению новых технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах,
- обеспечено проектное внедрение новой технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах,
- проанализирована и оценена эффективность внедрения предлагаемой технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах.

Режим пожарной безопасности на объектах ООО «ПФ Сокол» соблюдается в полном соответствии с требованиями Федерального закона 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», ВППБ-01-04-98 «Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности», «Норм положенности пожарной техники, оборудования и первичных средств пожаротушения на объектах ГП». Обеспечение пожарной безопасности на компрессорной станции обеспечивается благодаря применению первичных средств пожаротушения, системой пожарного водоснабжения и также благодаря применению автоматических систем пожаротушения и сигнализации.

Проведен расчет возможного экономического ущерба от пожара в цехе № 3 ООО «ПФ Сокол», который включал в себя расчет прямого имущественного ущерба основных производственных объектов, ущерба

производству и третьим лицам, ущерба окружающей среде, затрат на локализацию аварий, ликвидацию ее объектов и социально-экономического ущерба вследствие гибели и травматизма людей. Величина возможного экономического ущерба от пожара в цехе № 3 ООО «ПФ Сокол» составит 153 897 266 рублей. Затраты на внедрение новой технологий пожаротушения на особо взрывоопасных объектах составили 49550000 тыс. руб.

Соответственно, экономический эффект от внедрения новой технологии пожаротушения на особо взрывоопасных объектах (КЦ № 3) составил:

$$153\,897\,266 \text{ руб.} - 49\,550\,000 \text{ руб.} = 104\,347\,266 \text{ руб.}$$

Таким образом, экономический эффект от внедрения новой технологии пожаротушения на особо взрывоопасных объектах (КЦ № 3) составил 104 347 266, 4 руб.

В результате всех вычислений время окупаемости составляет 3 месяца.

Таким образом, на основании произведенного расчета видно, что проект внедрения новой технологии пожаротушения на ООО «ПФ Сокол» является экономически эффективным, так как срок окупаемости вложенных инвестиций не превышает 5 лет, поэтому его следует принять к реализации.

Список используемых источников

1. Бардулин Е.Н., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Подходы к созданию современных приборов приемно-контрольных пожарных // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2018. № 2 (46). С. 105-109.
2. Белорожев О.Н., Ермилов А.В. Особенности применения современных средств пожаротушения при ликвидации пожаров // Пожарная и аварийная безопасность. 2017. № 2 (5). С. 44-52
3. Беляков, Г.И. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда в 2 т. Том 2: Учебник для академического бакалавриата / Г.И. Беляков. - Люберцы: Юрайт, 2016. - 352 с.
4. Веденина Ю.А., Ермилов А.В. Тушение пожаров на предприятиях промышленности// В сборнике: Актуальные вопросы пожаротушения. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 17-20.
5. Гражданский кодекс Российской Федерации
<https://docs.cntd.ru/document/9027690>
6. Ермилов А.В., Белорожев О.Н., Наумов А.В. Повышение качества принимаемых решений на начальном этапе тушения пожара // В сборнике: Совершенствование тактики действий спасательных воинских формирований (СВФ) МЧС России. Сборник трудов XXVIII Международной научно-практической конференции. 2018. С. 36-40.
7. Ермилов А.В., Белорожев О.Н. Разработка практико-ориентированных задач при оценке подготовленности курсантов в области пожаротушения // Пожарная и аварийная безопасность. 2020. № 2 (17). С. 36-42.
8. Ефремова, О.С. Охрана труда от "А" до "Я" / О.С. Ефремова. - М.: Альфа-Пресс, 2015. - 712 с.

9. Костин, Д.М., Нормативные параметры совершенствования системы управления охраной труда / Д.М Костин, Б.В. Севастьянов // Технические науки - от теории к практике: сб. ст. по матер. LXV междунар. науч.-практ. конф. –№ 12(60). – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 7-16.
10. Конституция РФ Трудовой кодекс Российской Федерации (Федеральный закон от 14июля 2022 г. N273-ФЗ)
11. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30 декабря 2001 г. N 195-ФЗ
12. Косолапова, Н.В. Охрана труда (спо) / Н.В. Косолапова, Н.А. Прокопенко. - М.: КноРус, 2018. - 63 с.
13. Медведев, В.Т. Охрана труда и промышленная экология / В.Т. Медведев. - М.: Academia, 2018. - 106 с.
14. Методические рекомендации по разработке инструкций по охране труда, утв. Министерством труда и социального развития РФ от 13 мая 2004 г.
15. Министерство труда и социальной защиты РФ/ Минтруд России предлагает провести модернизацию модели управления охраной труда.– [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosmintrud.ru/labour/safety/292>
16. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Минтруда России от 24 июля 2013 г.№ 328н)
17. Михайлов, Ю.М. Охрана труда при эксплуатации электроустановок / Ю.М. Михайлов. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. - 224 с.
18. Овчинников, В.В. Охрана труда при производстве сварочных работ: Учебное пособие / В.В. Овчинников. - М.: Академия, 2018. - 352 с.
19. Постановление Правительства РФ от 31 августа 2002 г. N 653 "О формах документов, необходимых для расследования и учета несчастных

случаев на производстве, и об особенностях расследования несчастных случаев на производстве"

20. Постановление Правительства РФ от 25 февраля 2000 г. N 162 "Об утверждении перечня тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда женщин"

21. Постановление Правительства РФ от 15 декабря 2000 г. N 967 "Об утверждении Положения о расследовании и учете профессиональных заболеваний"

22. Постановление Правительства РФ от 15 мая 2006 г. N 286 "Об утверждении Положения об оплате дополнительных расходов на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию застрахованных лиц, получивших повреждение здоровья вследствие несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний"

23. Постановление Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. № 390 «О противопожарном режиме»

24. Постановление Минтруда РФ от 08 февраля 2000 г. N8 "Об утверждении Рекомендаций по организации работы кабинета охраны труда и уголка охраны труда"

25. Приказ Минздравсоцразвития России от 17 мая 2012 г. № 559н «Об утверждении Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих, раздел «Квалификационные характеристики должностей специалистов, осуществляющих работы в области охраны труда»

26. Приказ Минтруда России от 24 января 2014 года № 33н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению»

27. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 декабря 2021 г. № 2332 «О порядке допуска организаций к деятельности по проведению специальной оценки условий труда, их регистрации в реестре организаций, проводящих специальную оценку условий труда, приостановления и прекращения деятельности по проведению специальной оценки условий труда, а также формирования и ведения реестра организаций, проводящих специальную оценку условий труда»

28. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 29 октября 2021 г. № 776н "Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда"

29. Приказ Минздравсоцразвития РФ от 15 апреля 2005 г. № 275 «О формах документов, необходимых для расследования несчастных случаев на производстве»

30. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 N 2451 "Об утверждении Правил организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации и территориального моря Российской Федерации, а также о признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации"

31. Приказ МЧС России от 14 ноября 2022 г. № 1140 “Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности ”
<https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406477165/>

32. Приказ от 16.10.2017г. №444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок тушения пожаров подразделениями пожарной охраны.

33. Портнягин, А.И., Разработка управленческих решений в государственных органах: особенности, проблемы, пути повышения

эффективности / А. И. Портнягин // Вестник РГГУ. Серия «Экономика. Управление. Право». – 2013. – С. 87-96.

34. Попова, Т.В. Охрана труда: Учебное пособие / Т.В. Попова. - Рн/Д: Феникс, 2016. - 216 с.

35. Попов, М. П. Новые технологии пожаротушения на особо взрывопожароопасных объектах / М. П. Попов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 13 (460). — URL: <https://moluch.ru/archive/460/101194/> (дата обращения: 03.04.2023).

36. Родионова, О.М. Медико-биологические основы безопасности. охрана труда: Учебник для прикладного бакалавриата / О.М. Родионова, Д.А. Семенов. - Люберцы: Юрайт, 2016.

37. СанПиН 1.2.3685-21 от 28 января 2021 г. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

38. Субачев, С. В. Имитационное моделирование развития и тушения пожаров в системе подготовки специалистов противопожарной службы / С.В. Субачев. - М.: Синергия, 2016. - 129 с.

39. Утюганова В. В. Модель управления охраной труда в малом бизнесе на основе внедрения самостоятельной оценки соблюдения требований трудового законодательства / Журнал «БИОТ». 2019. № 2.

40. Файнбург Г.З., Овсянкин А.Д., Потемкин В.И. Охрана труда. Учебное пособие- ФГОУ ВПО ПИГМУ, 2017 - 449с

41. Федеральный закон от 12 января 1996 г. N 10-ФЗ "О профессиональных союзах, их правах и гарантиях деятельности"

42. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»

43. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

44. ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»(с изменениями на 3 апреля 2023 года

45. Федеральный закон от 24.07.98 N 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»

46. Федеральный закон от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации»

47. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. № 421-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона "О специальной оценке условий труда»

48. Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»

49. Федеральный закон "О техническом регулировании" от 27.12.2002 N 184-ФЗ

50. J.B., Dempster P.B. Suppression of methane-air ignitions by fine powders// Journal of Applied Chemistry. 1955. №5. P. 510-517.

51. Emilio Chuvieco. Fundamentos de teledeteccionespacial. Segunda edición. Madrid: Edicionesrialp, S. A., 1995. 449 с.

52. Fischer, G., и Leonard, J.T., “Эффективность пожараогнеупорных порошков, основанныхна малой ступени пожарнойрезиденции,” Naval Research Laboratory, NRVMW6180-95-7778, Washington, DC, 1995.

53. Habib A., Ghanma M., Morgan M., Al-Ruzouq R. Photogrammetric andlidar Data Registration Using Linear Features. Photogramm. Eng. Remote Sens. 2005. Vol. 71, P. 699 – 707.

54. Rudolph S, Braun U. Schaum und Wasser. Braundwatsh. 2002. V. 57. № 2. P. 58 - 59.