

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 **Применение инновационных автоматических установок  
пожаротушения**

Обучающийся

А.А. Лях

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

к.т.н., доцент, А.В. Краснов

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

Консультант

к.э.н., доцент Фрезе Т.Ю.

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

Тольятти 2024

## Содержание

Введение.....	3
Термины и определения .....	11
Перечень сокращений и обозначений.....	12
1 Исследование инновационных автоматических установок пожаротушения	13
1.1 Исследование конструктивных особенностей и технических характеристик инновационных автоматических установок пожаротушения .....	13
1.2 Анализ преимуществ инновационных автоматических установок пожаротушения при тушении пожаров на крупных промышленных предприятиях .....	24
2 Разработка рекомендаций по применению инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях .....	30
2.1 Анализ проблем и возможностей применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях .....	30
2.2 Разработка рекомендаций по внедрению инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях .....	46
3 Анализ эффективности применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях...	62
3.1 Методика оценки технико-экономической эффективности применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях.....	62
3.2 Анализ и оценка эффективности внедрения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях .....	76
Заключение .....	86
Список используемых источников.....	90

## Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования обуславливается тем, что пожарная безопасность является критически важным аспектом общественной безопасности, особенно на крупных промышленных предприятиях. Последствия пожаров могут быть разрушительными, приводя к гибели людей, повреждению имущества и значительным экономическим последствиям.

Вследствие того, что пожарной безопасности зданий в последнее время уделяется пристальное внимание, вопросы обеспечения пожарной безопасности зон в закрытых помещениях является актуальной и своевременной задачей.

Выбор методов тушения представляет собой комбинацию старых и новых систем пожаротушения [3]. Некоторые из методов можно рассматривать как хорошо зарекомендовавшие себя устаревшие устройства с добавлением новых свойств [4].

В производственных помещениях стационарные системы пожаротушения являются основным средством борьбы с пожаром. Оборудование для производства растительных масел, которое выделяет насыщенные жиром пары может стать источником воспламенения жира и должно быть защищено системой пожаротушения [3].

Первоначально пожарная наука и технологии широко изучались в области мониторинга пожарной безопасности и раннего обнаружения загораний. Решение проблем пожарной безопасности требует сотрудничества в различных областях, включая инженерию, городское планирование, управление чрезвычайными ситуациями и психологию.

Междисциплинарные подходы могут привести к инновационным решениям, которые улучшают профилактику, обнаружение и реагирование на пожары. Объединяя знания и методологии из разных областей, эксперты могут разрабатывать более комплексные стратегии для снижения пожарной

опасности.

Общелогические методы применяются преимущественно на теоретическом уровне научного исследования, хотя некоторые из них могут применяться и на эмпирическом уровне.

В исследовании по теме диссертации будут использованы базовые научные методы:

- анализ;
- метод обобщения;
- метод сравнения;
- метод группировок;
- метод научного наблюдения.

Одним из них, широко применяемым в научном исследовании, является метод анализа (от греч. *analysis* — разложение, расчленение) — метод научного познания, представляющий собой мысленное расчленение исследуемого объекта на составные элементы с целью изучения его структуры, отдельных признаков, свойств, внутренних связей, отношений.

Обобщение — логический процесс и результат мысленного перехода от единичного к общему, от менее общего к более общему.

Научное обобщение — это не просто мысленное выделение и синтезирование сходных признаков, а проникновение в сущность вещи: усмотрение единого в многообразном, общего в единичном, закономерного в случайном, а также объединение предметов по сходным свойствам или связям в однородные группы, классы.

В процессе обобщения совершается переход от единичных понятий к общим, от менее общих понятий — к более общим, от единичных суждений — к общим, от суждений меньшей общности — к суждением большей общности. Примерами такого обобщения могут быть:

- мысленный переход от понятия «перспективные меры пожаробнаружения и пожаротушения» к понятию «меры пожаробнаружения и пожаротушения» и вообще «пожарозащита»;

- от понятия «пожарозащита» к понятию «обнаружение пожара и тушение» и вообще «пожар»;
- от суждения «эта ЛВЖ пожароопасна» к суждению «все легковоспламеняемые жидкости пожароопасны».

В научном исследовании наиболее часто применяют следующие виды обобщения: индуктивное, когда исследователь идет от отдельных (единичных) фактов, событий к их общему выражению в мыслях; логическое, когда исследователь идет от одной, менее общей, мысли к другой, более общей.

Пределом обобщения являются философские категории, которые нельзя обобщить, поскольку они не имеют родового понятия.

Сравнение – это научный метод познания, в процессе которого изучаемое явление, сопоставляется с другими с целью определения сходства или различий между ними.

С помощью сравнения решаются следующие задачи:

- выявление общего и специфического в экономических явлениях (сравнение показателей (эффективности) двух способов тушения пожара), проводятся доказательства или опровержения (сравнение плановых и фактических показателей);
- изучение изменения исследуемых объектов (сравнение показателей за два года), тенденций и закономерностей развития явлений (сравнение за несколько периодов);
- выявление причинно-следственных связей между явлениями;
- классификация и систематизация явлений.

Метод группировок дает возможность все собранные в результате массового статистического наблюдения факты подвергать систематизации и классификации. Полученные в результате статистического наблюдения данные о каждой единице наблюдения содержат информацию о разных сторонах отдельных изучаемых единиц статистической совокупности. С целью обобщения этих сведений отдельные данные могут быть

использованы для характеристики изучаемой совокупности в целом только после проведения статистической сводки, которая делает данную совокупность однородной и позволяет рассчитывать некоторые обобщающие показатели, характеризующие исследуемую совокупность в целом.

Анализ дает возможность исследователю проникать в сущность изучаемого явления путем расчленения его на составляющие элементы и выявлять главное, существенное. Анализ как логическая операция входит составной частью во всякое научное исследование и обычно образует его первую стадию, когда исследователь переходит от нерасчлененного описания изучаемого объекта к выявлению его строения, состава, а также его свойств, связей.

Объект исследования: инновационные автоматические установки пожаротушения.

Предмет исследования: применение инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях.

Цель исследования – повышение пожарной безопасности крупных промышленных предприятий за счёт разработки рекомендаций по применению инновационных автоматических установок пожаротушения.

Гипотеза исследования состоит в том, что пожарная безопасность крупных промышленных предприятий повысится, если:

- провести исследование конструктивных особенностей и технических характеристик инновационных автоматических установок пожаротушения;
- провести анализ преимуществ инновационных автоматических установок пожаротушения при тушении пожаров на крупных промышленных предприятиях;
- провести анализ проблем и возможностей применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях;
- будут разработаны рекомендации по внедрению инновационных

автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях;

- будет произведена оценка технико-экономической эффективности применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях;
- будет доказана эффективность внедрения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи:

- провести исследование конструктивных особенностей и технических характеристик инновационных автоматических установок пожаротушения;
- провести анализ преимуществ инновационных автоматических установок пожаротушения при тушении пожаров на крупных промышленных предприятиях;
- провести анализ проблем и возможностей применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях;
- разработать рекомендаций по внедрению инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях;
- рассмотреть возможность оценки технико-экономической эффективности применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях;
- провести оценку эффективности внедрения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях.

Теоретико-методологическую основу исследования составили аналитические данные по преимуществам инновационных автоматических

установок пожаротушения.

Базовыми для настоящего исследования явились также результаты исследования конструктивных особенностей и технических характеристик инновационных автоматических установок пожаротушения.

Методы исследования: изучение и сбор информации по теме исследования, анализ методов оценки технико-экономической эффективности применения инновационных автоматических установок пожаротушения, испытание по определению технических характеристик инновационных автоматических установок пожаротушения и расчёт их количества.

Опытно-экспериментальная база исследования: здание блочно-комплектного устройства электроснабжения линейных потребителей в районе выезда ФГБУ «8 отряд ФПС ГПС по Самарской области «договорной».

Научная новизна исследования заключается в:

- детальном анализе и оценке конструктивных особенностей и технических характеристик инновационных автоматических установок пожаротушения;
- разработке новых возможностей применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях;
- сформулированных предложениях по внедрению инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях.

Теоретическая значимость исследования заключается в решении проблемы внедрения инновационных автоматических установок пожаротушения на предприятии для повышения эффективности управления системой обеспечения пожарной безопасности.

Практическая значимость исследования заключается в том, что разработанные рекомендации по внедрению инновационных автоматических

установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях могут быть интегрированы в систему обеспечения пожарной безопасности на исследуемом объекте.

Достоверность и обоснованность результатов обеспечивались:

- корректным применением методов исследований;
- результатами проведённой оценки эффективности предлагаемых мер по обеспечению техносферной безопасности в организации.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в:

- исследовании конструктивных особенностей и технических характеристик инновационных автоматических установок пожаротушения;
- анализе преимуществ инновационных автоматических установок пожаротушения;
- анализе проблем и возможностей применения инновационных автоматических установок пожаротушения;
- разработке рекомендаций по внедрению инновационных автоматических установок пожаротушения;
- оценке технико-экономической эффективности применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Ее результаты отражены в публикации:

- Лях А.А. Разработка рекомендаций по внедрению инновационных установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях // Студенческий: электрон. научн. журн. 2024. № 36(290). URL: <https://sibac.info/journal/student/290/347592>.

На защиту выносятся следующие положения:

- результаты исследования конструктивных особенностей и технических характеристик инновационных автоматических

- установок пожаротушения;
- результаты анализа преимуществ инновационных автоматических установок пожаротушения при тушении пожаров на крупных промышленных предприятиях;
  - результаты анализа проблем и возможностей применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях;
  - разработанные рекомендации по внедрению инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях;
  - результаты оценки технико-экономической эффективности применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях;
  - результаты оценки эффективности внедрения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, трёх разделов, заключения, содержит 3 таблицы и 18 рисунков, список используемых источников (33 источника). Основной текст работы изложен на 94 страницах.

## Термины и определения

Пожарная безопасность объекта защиты – «состояние объекта защиты, характеризующееся возможностью предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [20].

Пожарная сигнализация – «совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд» [12].

Пожарная опасность веществ и материалов – «состояние веществ и материалов, характеризующееся возможностью возникновения горения или взрыва веществ и материалов» [12].

Система пожарной безопасности – «комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение пожара и ущерба от него» [20].

Система предотвращения пожара – «комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключения условий возникновения пожара» [17].

## Перечень сокращений и обозначений

ВНИИПО – всероссийский институт противопожарной обороны.

ГПС – государственная противопожарная служба.

ЗПЛ – заработная плата.

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость.

СТУ – специальные технические устройства.

УрГУПС – уральский государственный университет путей сообщения.

ФГБОУ ВО – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования.

ФГБУ – федеральное государственное бюджетное учреждение.

ФПС – федеральная противопожарная служба.

## **1 Исследование инновационных автоматических установок пожаротушения**

### **1.1 Исследование конструктивных особенностей и технических характеристик инновационных автоматических установок пожаротушения**

Вспышка пожара может иметь серьезные последствия, что делает крайне важным быстрое обнаружение и тушение пожаров. Однако полагаться на человеческие ресурсы при выполнении этой задачи может быть опасно, так при этом подвергаются риску жизни людей. Поэтому меры пожарной безопасности необходимы для защиты жизней.

Переход от традиционных автоматических систем пожаротушения на основе галонов к системам, использующим более безопасные для окружающей среды средства пожаротушения, одновременно отвечающим более жестким требованиям к производительности, создает значительные проблемы интеграции. Проблемы интеграции, которые необходимо решить, включают выбор соответствующего вещества, размера и размещения компонентов огнетушителя, разработку критериев квалификации рабочих характеристик и эксплуатационной безопасности, методы испытаний [18].

Основными системами пожаротушения, используемыми на крупных промышленных предприятиях, являются спринклерные или дренчерные системы и противопожарные мониторы. В зависимости от горючего вещества, который необходимо тушить, в качестве огнетушащего вещества можно использовать воду или пену.

Спринклерные системы в основном используются внутри помещений и, как правило, они заполнены водой. Тепло пожара активирует отдельные спринклерные головки, которые выпускают воду для тушения на область под ним. При распространении пожара включаются дополнительные спринклерные головки для расширения возможностей тушения. Каждая

спринклерная головка предназначена для защиты площади в несколько квадратных метров. При включении нескольких спринклерных головок большие площади подвергаются воздействию воды для тушения, и систему обычно приходится отключать вручную. В зависимости от расстояния между очагом возгорания и спринклерными головками они могут сработать слишком поздно для успешного тушения пожара. В основном они эффективно используются в помещениях с низкими потолками [21].

В качестве альтернативы спринклерные системы могут быть заполнены раствором пенообразователя, который после выпуска образует пену для тушения. Раствор готовится с использованием специально разработанных систем дозирования, таких как дозирующие насосы с водяным приводом GEN III производства FireDos [25].

Дренчерные системы представляют собой спринклерные системы с открытыми форсунками. Они могут управляться вручную или могут быть оснащены дистанционно управляемыми клапанами, которые запускаются системами определения температуры. При включении тушение будет происходить по всей зоне большей площади.

Диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) является одним из наиболее эффективных средств пожаротушения, доступных на рынке. В помещениях без постоянного пребывания людей для противопожарной защиты обычно устанавливается система пожаротушения  $\text{CO}_2$ .

Диоксид углерода – это бесцветный, не имеющий запаха и электропроводящий газ, который не оставляет следов. Чувствительное электронное оборудование в защищенной зоне не будет повреждено  $\text{CO}_2$ , что сокращает время простоя и затраты. Персонал может получить доступ к любому повреждению, вызванному огнем или дымом, и быстро вернуться к работе без необходимости очистки, как только  $\text{CO}_2$  рассеется в защищаемой зоне до безопасного уровня [14].

Газ  $\text{CO}_2$  обычно сжимается до жидкого состояния для хранения и транспортировки в баллонах. При высвобождении он выходит под

собственным давлением, образуя вид пара, поскольку при низкой температуре вода в воздухе кристаллизуется.

Низкая температура кипения позволяет ему быстро испаряться, обеспечивая трехмерное проникающее действие. Он расширяется в соотношении 450 к 1 по объему. Такое быстрое расширение гарантирует, что тушение будет направлено даже в самые труднодоступные опасные зоны.

Горение подавляется за счет снижения уровня кислорода в защищаемой зоне до уровня, при котором невозможно его поддерживать [3].

Охлаждение является вторичным действием агента, который используется при местном применении, когда жидкая фаза огнетушащего вещества подаётся непосредственно на пожароопасные вещества.

Диоксид углерода является эффективным средством пожаротушения, которое может использоваться при многих типах пожаров. Он эффективен при поверхностных пожарах, таких как горение легковоспламеняющихся жидкостей и большинства твердых горючих материалов [14].

Термическая стабильность  $\text{CO}_2$  превосходна и не подвержена ухудшению. Кроме того, углекислый газ имеет множество дополнительных коммерческих применений, поэтому заправки доступны практически в каждом крупном городе [9].

Старые методы пожаротушения были рискованными в применении и отнимали много времени, поскольку о возгорании необходимо было сообщать в службу пожаротушения и проводить дальнейшую обработку вплоть до возмещения убытков. Поскольку мир развивается в направлении автоматизации многих процессов с использованием технологий Интернета вещей, необходимо также предупреждать о несчастных случаях, связанных с пожарами, путем обнаружения и передачи информации о пострадавших в пункт назначения, откуда подразделением пожаротушения будут предприняты необходимые действия.

Основная цель предлагаемой системы – разработать недорогую и простую беспроводную противопожарную систему защиты от возникновения

пожара и обеспечить систему раннего оповещения, позволяющую избежать серьезных повреждений в результате такого рода опасностей. Кроме того, система должна быть способна реагировать в чрезвычайных ситуациях, чтобы свести к минимуму потери жизней и имущества.

Спринклерные системы являются классическими пожарными извещателями. Они не подходят в качестве компонентов современных систем автоматического пожаротушения.

Противопожарные мониторы, как и отличительная восьмиугольная овальная плоская конструкция от FireDos, предназначены для использования внутри или снаружи помещений. При обнаружении пожара они управляются либо вручную, либо могут управляться дистанционно. Пожарные мониторы обеспечивают точное позиционирование средств пожаротушения с безопасного расстояния.

В зависимости от настройки системы пожаротушения возможно переключение между водой и пеной. Пожарные мониторы оптимально подходят для объединения с системами обнаружения для формирования автоматической системы пожаротушения.

Детекторы дыма в основном устанавливаются под потолком для наблюдения за целыми цехами или секциями большой площади. Как правило, для срабатывания сигнализации им требуется большое количество дыма. В основном они используются вместе с ручным противопожарным оборудованием, использующим рукава или противопожарные мониторы, поскольку точное местоположение пожара должно быть подтверждено визуально. Они плохо подходят в качестве компонентов для современных решений автоматического пожаротушения.

Линейные тепловые или пожарные извещатели представляют собой сенсорные кабели. В основном они используются для мониторинга туннелей или гаражей, но могут устанавливаться и в больших помещениях. Как правило, они не подходят для использования на мусоросжигательных заводах и установках по переработке отходов, но могут быть подходящим вариантом

для контроля закрытых конвейерных лент.

Чаще всего обнаружение тепла достигается с помощью тепловизионного изображения с использованием инфракрасной технологии обнаружения.

Видеозапись и радиометрическая панорама высокого разрешения, полученная с помощью системы обнаружения тепла PYROsmart представлена на рисунке 1.

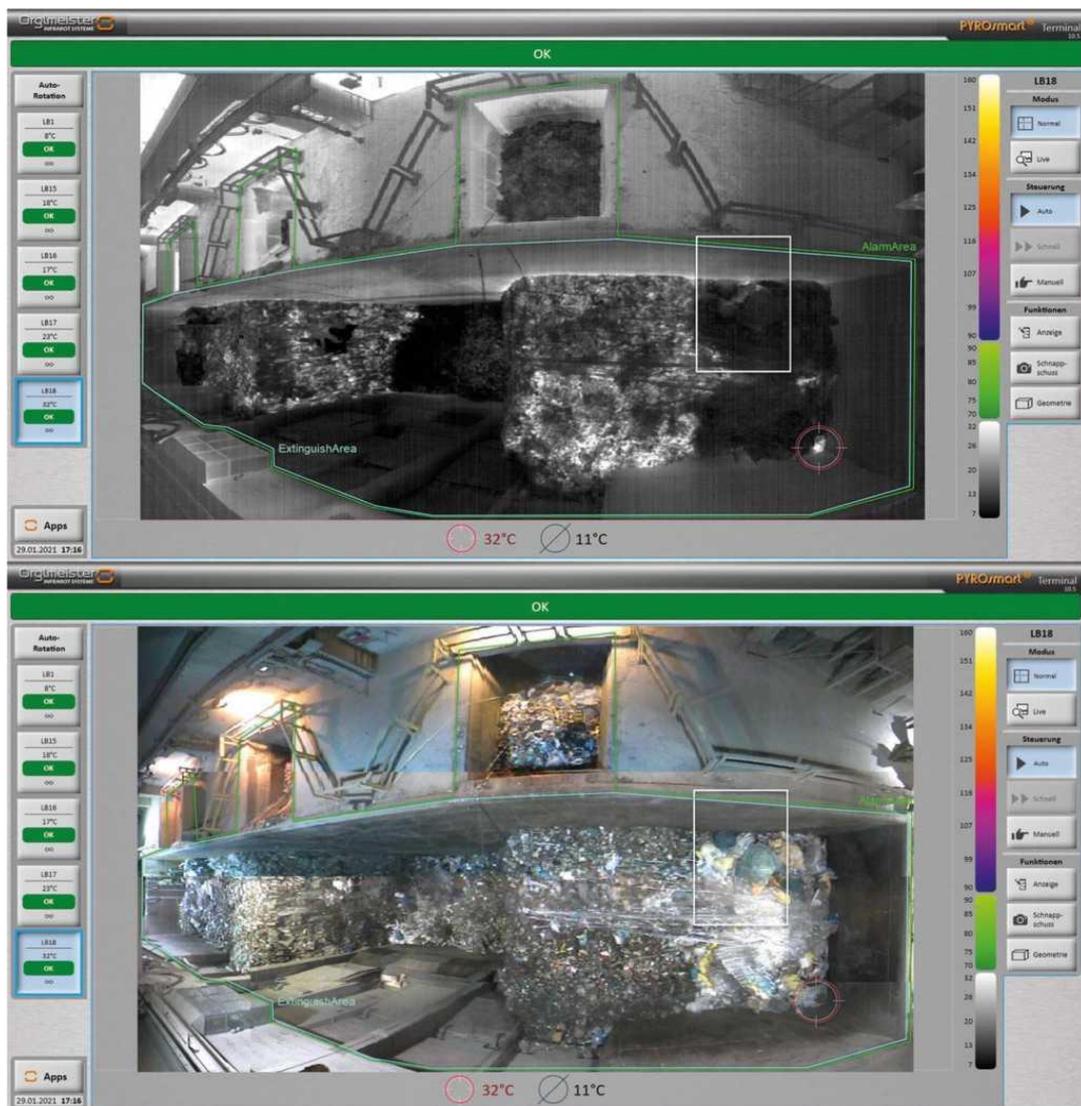


Рисунок 1 – Видеозапись и радиометрическая панорама высокого разрешения, полученная с помощью системы обнаружения тепла PYROsmart

Другой возможностью обнаружения задымления является

использование видеодинамики обнаружения задымления. Рекомендуется использовать эти системы только в сочетании с другими типами детекторов, чтобы избежать ложных срабатываний, вызванных паром, выхлопными газами или туманом. Эти системы также требуют идеальных условий освещения и работают только в помещениях с низким уровнем запыленности.

Схема мониторов с дистанционным управлением с дополнительным выходом воды или пены и подключением к системе определения температуры представлена на рисунке 2.

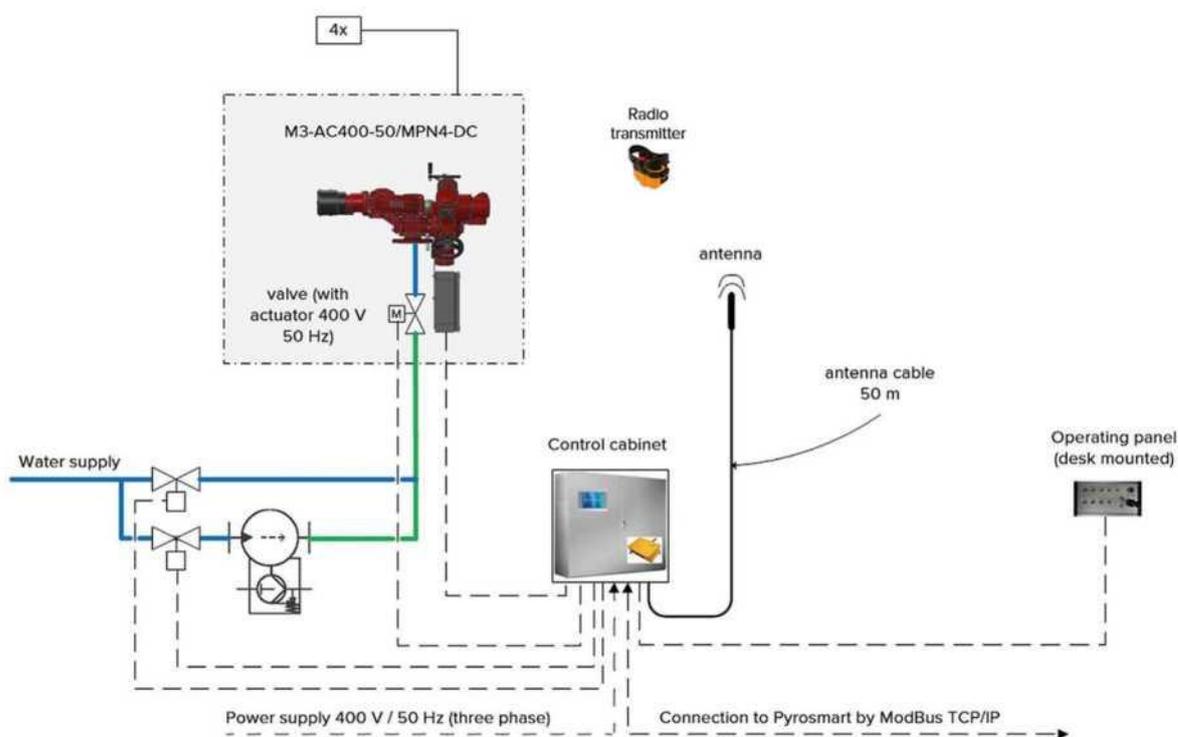


Рисунок 2 – Схема мониторов с дистанционным управлением с дополнительным выходом воды или пены и подключением к системе определения температуры

В отличие от обнаружения дыма или пожара, окружающая среда контролируется на предмет излучаемого тепла. Путем непрерывного мониторинга определенной точки или области и измерения фактического

излучаемого тепла или анализа повышения температуры можно обнаружить возгорания, даже если они еще не достигли поверхности штабеля. Выброса горячих газов может быть достаточно для обнаружения подземного пожара. Обычно температура 80 °С считается сильным признаком пожара. Тепловой мониторинг объекта с помощью инфракрасной системы раннего обнаружения пожара означает, что пожар обнаруживается на стадии его возникновения.

При обнаружении пожара необходим постоянный мониторинг опасной зоны для обнаружения любых изменений в окружающей среде. Преднамеренные и известные источники тепла, такие как двигатели от ременной передачи или транспортных средств, выхлопные трубы, солнце и отражения, должны автоматически идентифицироваться и исключаться как потенциальные пожары, чтобы свести ложные срабатывания к минимуму.

Одна стационарная, относительно недорогая камера может охватить большую площадь при использовании более низкого разрешения, но это предотвратит раннее обнаружение пожаров, пока они еще небольшие. Благодаря более совершенным технологиям, таким как система Orglmeister PYROsmart, в качестве альтернативы можно осуществлять съемку местности с помощью одной камеры с поворотной головкой. Он непрерывно сканирует большую площадь и создает радиометрическое панорамное изображение с высоким разрешением. В сочетании с интеллектуальным программным обеспечением для анализа обнаружение и точное определение местоположения горячей точки позволяет определять местоположение воды или пены с помощью точного монитора с дистанционным управлением, такого как FireDos M2 или M3. По запросу комбинация ИК-изображений и видеоизображений в реальном времени обеспечит эффективный анализ ситуации, особенно когда разрешение достаточно высокое, чтобы пользователь мог увеличить видеоизображение.

Благодаря самообучению и искусственному интеллекту (ИИ) программное обеспечение анализирует окружающую среду и различает

горячие двигатели, выхлопные трубы и горячие точки, которые указывают на потенциальные или реальные пожары.

Система обнаружения тепла PYROsmart и монитор с дистанционным управлением в производственном здании представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Система обнаружения тепла PYROsmart и монитор с дистанционным управлением в производственном здании

При планировании системы пожаротушения необходимо найти наиболее эффективную стратегию пожаротушения для тушения широкого спектра возможных пожаров.

Одним из этапов является принятие решения использовать воду, пену или иметь альтернативу использованию того или другого.

Предполагая, что планируется использовать систему обнаружения, необходимо выбрать между ручным или автоматическим управлением систем пожаротушения. Учитывая, что предприятия могут работать 24/7, производственные предприятия часто работают только в одну или две смены в день, что затрудняет круглосуточный мониторинг и тушение пожара персоналом.

В случае ручного обнаружения пожара работник подаст сигнал тревоги. В зависимости от используемой системы это может быть критическая точка доступа, пламя или дым. В каждом случае требуется визуальное подтверждение угрозы пожара и запуск процесса тушения, например, путем активации системы водяного пожаротушения или использования пожарного монитора с ручным или дистанционным управлением.

Если система пожаротушения автоматизирована, то срабатывает при обнаружении дыма или пожара. В качестве альтернативы, система пожаротушения может автоматически направлять огнетушащее вещество, используя заранее запрограммированную схему распыления, в заранее определенную зону. Отключение системы пожаротушения в основном производится вручную.

Предположим, что система обнаружения пожара использует инфракрасное тепловое обнаружение. В этом случае включается монитор с дистанционным управлением, который точно направляет воду или пену в точное местоположение очага возгорания. Может использоваться предварительно запрограммированная схема распыления. Отключение может быть ручным, или пожарный монитор может автоматически отключаться по

истечении определенного времени тушения. Инфракрасное обнаружение тепла продолжит отслеживать наличие тепловых участков и перезапустит процесс тушения, когда и где это необходимо.

Автоматически управляемый процесс с многоступенчатым подходом также эффективен при обнаружении горячей точки:

- точная доставка ограниченного объема воды в определенный район;
- мониторинг и дополнительная подача воды, если температура не снизилась до безопасного уровня;
- мониторинг и подача пены могут быть активированы автоматически, если вода не дает требуемого результата после одной или двух попыток тушения или площадь тушения увеличивается.

Панель управления автоматическим пожаротушением IGNIS 1520M – это современное устройство, предназначенное для обнаружения пожара и сигнализации, а также для автоматического запуска установки пожаротушения, которая пресекает обнаружение пожара в зародыше. Панель управления, основанная на микропроцессорной технологии, адаптирована для работы с установками пожаротушения со стабильной работой в одной зоне, содержащими огнетушащий агент в жидкой, газовой или аэрозольной форме. Она содержит схемы, контролирующие всю установку, как в части обнаружения, так и в части тушения.

Панель управления IGNIS 1520M соответствует всем требованиям европейских стандартов: EN 54-2 и EN 54-4, касающимся панелей управления пожарной сигнализацией, и EN 12094-1, касающимся устройств, управляющих процессом тушения.

Панель управления IGNIS 1520 способна автоматически включать установку пожаротушения после обнаружения пожара. При необходимости эту работу может выполнить и любой работник.

Для этой цели используется двухступенчатая сигнализация:

- тревога I ступени, запускаемая после срабатывания детектора

- только на одной линии детектора, требующая подтверждения угрозы со стороны человека в определенный промежуток времени;
- тревога II ступени, запускающая автоматический процесс тушения в тот момент, когда сигнал тревоги подтверждается детектором со второй линии.

Человек может ускорить процедуру тушения, нажав подходящие кнопки запуска пожаротушения, установленные на панели управления или снаружи. Он также может временно приостановить процедуру тушения, нажав аналогичную кнопку остановки пожаротушения, или остановить процедуру тушения с помощью кнопки отключения. Информация об обнаружении пожара или о начале процедуры тушения может быть передана панелью управления на:

- ближайшее окружение (путем включения соответствующих устройств сигнализации) – оператора главного пульта управления объекта;
- в пожарное подразделение (через систему мониторинга).

Панель управления IGNIS 1520M использует два пожарных извещателя для обнаружения пожара. Они установлены в двух линиях извещателей, работающих по схеме совпадения. Начало процесса тушения возможно в случае, когда два извещателя в двух линиях извещателей, установленных в пределах одной зоны тушения, работают одновременно. Это предотвращает необоснованный запуск оборудования пожаротушения в случае ложной тревоги только от одного извещателя. Панель управления также устраняет случайные сигналы от пожарных извещателей. Первое срабатывание извещателя будет проигнорировано, если из-за истинного возгорания извещатель больше не будет работать. В случае, когда обнаружение и тушение пожара должно производиться во взрывоопасной зоне, искробезопасные детекторы могут быть установлены с помощью подходящих разделителей в линии детекторов панели управления IGNIS 1520.

Процедура тушения запускается при подтверждении возгорания срабатыванием извещателя во второй линии извещателей или нажатием кнопки «запуск тушения». Это начинается с включения устройств сигнализации эвакуации в запрограммированный на эвакуацию промежуток времени и отключения технологических процессов или подачи питания с помощью панели управления. Затем включаются сигнальные устройства, предупреждающие о подаче огнетушащего вещества из клапанов. Управление клапанами осуществляется через два выхода. Выходы панели управления для герметизации затопленного помещения включаются с соответствующей задержкой. При необходимости может быть активирована дополнительная порция подаваемого огнетушащего вещества для тушения пожара.

Универсальность панели управления основана на том факте, что запрограммированные последовательности запуска подходящих управляющих выходов и их задержки или периоды активации позволяют найти наилучший вариант для каждого типа установки пожаротушения.

## **1.2 Анализ преимуществ инновационных автоматических установок пожаротушения при тушении пожаров на крупных промышленных предприятиях**

Рассмотрим преимущества инновационных автоматических установок пожаротушения при тушении пожаров на крупных промышленных предприятиях.

Водометная система аэрозольного пожаротушения – это новый тип эффективного средства пожаротушения, применяемого в больших помещениях, особенно применимо к выставочному центру, торговой ярмарке, крупным торговым центрами, супермаркетам, универсам, химическим предприятиям, нефтебазам и другим зданиям.

Благодаря интегрированному использованию инфракрасных и

ультрафиолетовых датчиков, встроенному процессору и интеллектуальным алгоритмам, система water cannon характеризуется быстрым и точным обнаружением пожара, отличая его от ложного и автоматически инициируя действия по тушению пожара. Система контролирует зону защиты в течение всего дня, автоматически запускает и останавливает систему пожаротушения и может быть повторена.

Основные преимущества:

- простая системная сеть, низкая стоимость проекта, простота конструкции и монтажа;
- может работать с системой пожарной сигнализации;
- дистанционное визуальное тушение пожара;
- автоматическое обнаружение пожара, отправка сигналов тревоги и определение местоположения точки возгорания;
- автоматическое управление, дистанционное ручное управление и функция ручного управления на месте;
- большое расстояние обнаружения, большая зона защиты, быстрая реакция, высокая чувствительность обнаружения.

Системы пожаротушения быстро обнаруживают пожар, при необходимости передают пожарный сигнал тревоги и осуществляют тушение пожара вручную, полуавтоматически или полностью автоматически с помощью соответствующей системы обнаружения и контроля пожара. Системы также могут запускаться с помощью неэлектрических исполнительных устройств, и в этом случае для их работы не требуется никакого внешнего источника питания.

Аэрозольное огнетушащее вещество подходит для тушения пожаров в помещениях с электронными данными и машинными отделениями. Аэрозольное огнетушащее вещество предназначено для тушения пожаров твердых легковоспламеняющихся материалов, легковоспламеняющихся жидкостей, машин и электрооборудования напряжением до 20 кВ.

Количество аэрозоля следует рассчитывать на основе расчетной

концентрации, предложенной производителем химического вещества, в  $\text{г/м}^3$ , которая должна быть четко указана, плюс компенсация за утечки.

Физические характеристики аэрозольного пожаротушения (преимущества):

- аэрозольное огнетушащее вещество не опасно для организма человека;
- аэрозольное огнетушащее вещество не токсично;
- аэрозольное огнетушащее вещество не взрывоопасно и не воспламеняется при температуре  $380\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- после выброса аэрозольного огнетушащего вещества, не повредит озоновый слой земли;
- предотвращает повторное возгорание после выпуска огнетушащих средств;
- аэрозольное огнетушащее вещество не вызывает коррозии и поэтому не повреждает содержимое защищаемого помещения, включая компьютерное оборудование;
- аэрозольные огнетушащие вещества не содержатся в опасных баллонах под давлением;
- защищает и тушит возгорание электроустановок напряжением до 20 000 Вольт, т.е. диэлектрических;
- масса аэрозольного заряда, необходимая для тушения пожара, составляет всего  $100\text{ г/м}^3$ ;
- эффективно тушит пожары классов А, В и С (за исключением помещений, в которых присутствуют взрывоопасные смеси);
- аэрозольные генераторы (огнетушители) не относятся к пиротехническим средствам;
- отсутствие существенного изменения содержания кислорода в защищаемом помещении во время и после включения аэрозольных огнетушителей;
- безвреден для окружающей среды;

– химически нейтрален.

Технологии и модель внедрения Salgromatic ARMORON позволяют сделать их более выгодными по цене, требуют значительно меньше места и проще в проектировании, установке и обслуживании, чем обычные системы газового пожаротушения. Прежде всего, системы обеспечивают превосходную способность к пожаротушению, абсолютную эксплуатационную надежность и повышенное удобство в использовании.

Системы пожаротушения аэрозолями Salgromatic существенно отличаются по своей структуре от традиционных систем, поскольку для них не требуются источники воды, газовые баллоны под давлением, резервуары или центральные помещения, сеть распределительных трубопроводов или форсунки. Огнетушащее вещество выпускается непосредственно из отдельных баллонов, не находящихся под давлением, что значительно упрощает систему.

Можно сделать вывод, что рассматриваемое аэрозольное огнетушащее вещество является нетоксичным, не снижает уровень кислорода в помещении, не выделяет опасных веществ при хранении и тушении пожара, может находиться не под давлением [5].

Системы SALGROMATIC на 100% безопасны для окружающей среды и соответствуют принципам устойчивого развития. (ODP=0, GWP=0, ALT=0). Системы Salgromatic не загрязняют окружающую среду и не наносят дополнительного ущерба при эксплуатации. Системы Salgromatic повышают безопасность персонала, поскольку не представляют значительного риска для людей. Salgromatic проходит медицинское обследование и противопожарные испытания ведущими отраслевыми органами власти и исследовательскими институтами по всему миру. Уровень безопасности также повышается благодаря отсутствию давления и стабильности систем.

Системы пожаротушения и решения для противопожарной защиты Salgromatic могут подключаться практически ко всем системам управления зданиями и заводами и при необходимости управлять другим внешним

оборудованием, таким как органы управления машинами, аварийные остановки различного оборудования, противопожарные заслонки и вентиляция. Системы Salgromatic могут быть настроены на передачу пожарной сигнализации и сигналов о неисправностях системы, а также информации о состоянии в систему автоматизации зданий и процессов, центр пожарной сигнализации или другое средство мониторинга. Системы также могут быть оснащены беспроводной передачей данных и могут быть дополнены различными операционными устройствами, а также оборудованием для контроля и сигнализации в соответствии с потребностями.

Выводы по разделу.

В случае пожара интегрированные процессы и системы, состоящие из новейших систем обнаружения тепла и автоматического пожаротушения, необходимы для обеспечения того, чтобы пожар был потушен до того, как потребуется профессиональная реакция.

Благодаря автоматическим системам обнаружения и пожаротушения подход к тушению пожара может быть адаптирован к объекту, товарам, подлежащим тушению, и угрозе, которую пожар может представлять для окружающей среды. Первым шагом и важной частью процесса является определение наилучшего подхода к тушению пожара с проведением анализа помещений для оценки наилучшего расположения извещателей и пожарных мониторов. Оптимальное размещение этих устройств сводит к минимуму количество и стоимость системы.

Передовые, самые современные системы обнаружения пожарной опасности и автоматического тушения обеспечивают большой потенциал для уменьшения ущерба и потери имущества. Хотя первоначальные инвестиционные затраты выше, чем при использовании традиционных методов, сосредоточив внимание на раннем обнаружении и интеллектуальном, точном тушении, а не на длительном тушении пожаров, владельцы и операторы установок могут снизить повторяющиеся затраты,

сократить время простоя установок и оптимизировать общую стоимость эксплуатации.

Системы Salgromatic могут использовать все известные технологии обнаружения пожара и могут быть оборудованы для работы с интеллектуальными:

- детекторами дыма, тепла и их комбинациями;
- линейными и лазерными датчиками нагрева;
- механическими датчиками;
- а также со специальными детекторами, такими как аспирационные системы обнаружения дыма, линейные детекторы теплового обнаружения, детекторы пламени, искры;
- и любыми высокотехнологичными детекторами, предназначенными для защиты от особого риска в сложных помещениях.

## **2 Разработка рекомендаций по применению инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях**

### **2.1 Анализ проблем и возможностей применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях**

Рассмотрим блочно-комплектное устройство электроснабжения линейных потребителей. Здание блочно-комплектного устройства электроснабжения линейных потребителей (БКЭС) представляет собой блочно-модульное здание полной заводской готовности со скатной кровлей.

Размеры в плане составляют 20,0×60,0 м.

Здание имеет степень огнестойкости – IV, класс функциональной пожарной опасности – Ф5.1 [20], класс конструктивной пожарной опасности здания – С0, категория здания по взрывопожарной и пожарной опасности – В [15].

Каркас – металлические стойки и балки из гнутых или прокатных профилей.

Стены и кровля – каркасные или бескаркасные панели типа «Сэндвич» (обшиты с двух сторон стальным профилированным листом и утеплены минераловатными плитами).

Здание поднято над уровнем планировочной отметки земли на высоту 2,1 м для прокладки и обслуживания кабельных коммуникаций. Пространство под зданием по периметру обшито сеткой с устройством люков-лазов.

Блок-бокс устанавливается на металлические балки основания из прокатного двутавра.

Крепление балок к свайному основанию предусматривается сварным через оголовки из пластины толщиной 10 мм, усиленные ребрами жёсткости.

Трансформаторная подстанция представляет собой оборудование, которое располагается на металлической площадке обслуживания.

Высота установки устройства 1,5 м от уровня земли.

Металлическая площадка предусматривается в виде балочной клетки из прокатных швеллеров 16У, вспомогательные балки из прокатного равнополочного уголка 63×5 мм.

В анализируемых нормативных документах явно не требуются системы пожаротушения на всех трансформаторах, скорее, это требуется для достижения целей проектирования эффективной системы пожарной защиты.

Основной проблемой применения средств тушения пожаров является риск получения ещё большего ущерба от огнетушащих веществ за счёт порчи технологического электрического и или электронного оборудования и материальных ценностей в виде сырья или продукции.

В анализируемых нормативных документах явно не требуются системы пожаротушения на всех трансформаторах, скорее, это требуется для достижения целей проектирования эффективной системы пожарной защиты [11].

Проблемами же применения инновационных автоматических установок пожаротушения на объектах является отсутствие опыта эксплуатации данных инновационных технических средств автоматического пожаротушения, то есть отсутствие статистики их надёжности.

Если крайне важно, чтобы процесс проектировался с соблюдением высоких критериев надёжности, иногда не до конца осознается, что надёжность процесса не может исключить риск возникновения пожара. Технические ограничения в вопросе применения того или иного вида пожаротушения также применимы к подходу к проектированию, ориентированному на повышенную безопасность, и поэтому, так или иначе, системы дорабатываются и строятся с учетом определенного уровня остаточного риска. Если риск возникновения пожара не может быть снижен ниже определенного уровня, мы должны сосредоточить наше внимание на

тех системах, которые предназначены для мониторинга пожарной опасности и обеспечения смягчения последствий от возникновения загораний.

Также проблемами применения инновационных автоматических установок пожаротушения на объектах является их относительно высокая стоимость по сравнению с традиционными системами автоматического пожаротушения.

Рассмотрим, какие возможные инновационные автоматические установки пожаротушения на объектах производства разработаны на сегодняшний день.

Для тушения пожаров были разработаны и использовались автоматические устройства аэрозольного пожаротушения на основе отслеживания инфракрасного излучения от очага пожара. В статье [9] разработано автоматическое струйное устройство пожаротушения на основе видеозаписи. В качестве центрального процессора предлагаемого устройства пожаротушения использовался роботизированный осциллирующий ствол. Ключевая проблема устройств пожаротушения на основе видеосигнала заключается в точном распознавании пожара и оценке очага пожара. Затем был предложен метод обнаружения и локализации пожара для устройства на основе видео потока. Кроме того, в большом испытательном зале были проведены эксперименты по проверке автоматического устройства пожаротушения на основе компьютерного «зрения». Результаты показывают, что этот метод позволяет хорошо локализовать и потушить тестовый пожар.

Для борьбы с пожарами исследователями было разработано и использовалось множество систем пожаротушения, таких как системы пожаротушения на водной основе и системы пожаротушения с газовыми огнетушащими составами. С экономической точки зрения вода была наиболее доступным и наиболее часто используемым огнетушащим материалом. Однако ущерб, причиняемый в результате неэффективного применения воды, обычно превышает ущерб, причиняемый огнем сгоревшему имуществу и другим ценностям [8].

Многие исследователи и инженеры пытались найти более эффективные способы доставки огнетушащих веществ к очагу пожара и наиболее простым способом борьбы с огнем является вода. Несмотря на то, что для тушения пожаров используются различные современные насосы, форсунки и распылители, технологии пожаротушения на водной основе не достигли наивысшего уровня эффективности [7].

В последние годы для тушения пожаров были разработаны и использовались некоторые автоматические осциллирующие устройства пожаротушения. С развитием компьютерных технологий был изучен роботизированный пожарный монитор, который может автоматически управляться компьютером и может обнаруживать и подавлять пожар [4].

Разработана автоматическая система поиска и тушения пожара с дистанционно управляемыми пожарными мониторами. Метод поиска пожара реализован на основе теории компьютерного зрения с помощью одной ПЗС-камеры, установленной в конце устройства наблюдения за пожаром.

Чтобы повысить эффективность пожаротушения и адаптироваться к требованиям пожаротушения было разработано автоматическое устройство пожаротушения, основанное на компьютерном зрении. Это сокращает количество интерфейсов подключения между контроллером извещателя и пожарным монитором. Описан новый метод обнаружения пожара и определения местоположения, используемый для предлагаемого устройства пожаротушения. Благодаря процессу подтверждения и отслеживания возгорания предлагаемое устройство пожаротушения может легко обнаружить и потушить возгорание [2].

Устройство автоматического пожаротушения состоит из модуля сбора видеосигнала, модуля датчика, модуля DSP-процессора, модуля связи и модуля вывода. Существует камера, которая оснащена набором инфракрасных фильтров с разной длиной волны, а на выходе получается инфракрасный видеосигнал. Модуль сбора видеосигнала будет захватывать инфракрасную сцену в режиме реального времени и передавать их в центр

обработки через видеокодер. Центр обработки данных обрабатывает полученные видеозаписи, включая шум, обнаружение и локализацию пожара, а также выходные данные [6].

Модуль датчика содержит несколько концевых выключателей и два датчика. Если горизонтальный и вертикальный вращающиеся двигатели управлялись с помощью релейного модуля, состояние устройства пожаротушения изменится. Затем модуль датчика своевременно вводит текущее состояние в процессор. Сигналы пожарной сигнализации и управления передаются на ручное управление и центральный контроллер через модуль связи RS485. Ручной контроллер используется для ручных операций при тушении пожара. Пользователи в центре управления пожарами могут посылать сигналы контроллера на устройство. Как только пожарный извещатель перейдет в аварийное состояние, устройство будет активировано.

Для работы автоматического устройства пожаротушения на основе видеосигнала крайне важно определить местонахождение очага пожара. Цель состоит в том, чтобы найти координаты очага пожара. Предлагаемый алгоритм локализации пожара включает в себя четыре этапа. Они включают обработку бинаризации, обработку морфологии, обнаружение границ и вычисление координат очага пожара [1].

Чтобы обнаружить пожар и сегментировать его по исходному изображению, исходное изображение должно быть преобразовано в изображения в оттенках серого, а затем в изображения с бинаризацией.

После того, как исходное изображение пожара было обработано до бинаризованного изображения, была использована математическая морфология для адаптивной обработки структурирующих элементов для извлечения огня в бинаризованном изображении. Среди операций математической морфологии эрозия и расширение являются основой для реализации других сложных операций. Эрозия – это преобразование сжатия, которое уменьшает значение шкалы серого изображения, в то время как расширение – это преобразование, которое увеличивает значение шкалы

серого изображения.

Чтобы получить более заметную область пожара на изображении с бинаризацией, операции закрытия и размыкания были использованы для уменьшения шума на изображении с бинаризацией и обнаружения края области пожара [6].

Раскрытие – это размывание, за которым следует расширение, а закрытие – это расширение, за которым следует эрозия. Раскрытие может сгладить контур изображения бинаризации и разбить узкие промежутки. По сравнению с открыванием, закрывание имеет тенденцию соединять узкие промежутки, устраняет мелкие отверстия и заполняет пробелы в контурах.

Чтобы получить область пожара были использованы медианный фильтр и обработка связанной области. Была получена только одна самая большая связанная область, которая называется *located fire*. Следующим шагом будет получение координат очага пожара [23].

Существует множество методов определения местоположения цели на изображении, зрелый алгоритм поиска в основном используется для распознавания лиц. Для получения координат очага пожара было предложено обнаружение маркера региональной связности. Метод заключается в получении каждой подключенной области, затем выполняется региональная калибровка и объединение.

После обработки предложенным алгоритмом изображения бинаризации будет получен контур границы огня. Затем на контур кромки наносится координатная сетка для получения параметров возгорания. Чтобы найти очаг пожара на изображении края, координаты изображения пожара были оценены с использованием среднего значения всех координат этого помеченного пожара. Наконец, были получены координаты возгорания на изображениях каждого кадра, и был выдан сигнал открытия клапана.

Из-за силы тяжести воды, расположения струи и точки определения местоположения пожара с помощью видео потока всегда существуют отклонения. На основе местоположения пожара, согласно соответствующему

соотношению между относительным положением точки источника огня на изображении и направлением вращения предлагаемого устройства, для поворота устройства был использован компенсирующий метод управления, который представляет собой регулировку угла открытия клапана подачи ОВ. Это обеспечивает скорость и точность позиционирования. Параметры компенсации были получены в результате серии экспериментов.

Эксперименты проводились исследователями в большом испытательном зале высотой 30 м, длиной 42 м и шириной 20 м. Автоматическое устройство пожаротушения было установлено на одной стене на высоте 12 метров. Экспериментальная установка показана на рисунке 4.



Рисунок 4 – Испытание автоматического устройства пожаротушения

В экспериментах для проверки дальности действия, позиционирования и угла компенсации устройства рабочее давление для автоматического струйного устройства пожаротушения составляло 0,8 МПа, а расход составлял 5 л/с. Используя дизельное топливо в качестве горячей жидкости, его поместили в чугунную ванну размером 0,2×0,2×0,5 м.

Когда автоматическое устройство пожаротушения получит сигнал пожарной тревоги, оно начнет поиск очага возгорания. В каждом тестировании устройство начинало поиск с левого предела по горизонтали. Процесс поиска можно разделить на три этапа: поиск источника возгорания,

позиционирование и корректировка угла наклона. Как только очаг возгорания окажется в поле зрения камеры, устройство уменьшит скорость двигателя, чтобы хорошо обработать изображение пожара и получить координаты центра возгорания. После позиционирования угол наклона компенсации будет выбран в соответствии с начальными параметрами и числом импульсов вертикального датчика двигателя вращателя. В ходе эксперимента автоматическое устройство пожаротушения хорошо локализовало и потушило испытуемый очаг возгорания [25].

Более того, ключевым фактором, влияющим на работу устройства, является давление струи. Поэтому важно пересматривать исходные параметры устройства в различных конструкторских решениях.

Вывод по использованию аэрозольных систем пожаротушения: авторы представили автоматическое устройство пожаротушения на основе видеосигнала. Затем был предложен и использован метод обнаружения и локализации пожара, основанный на морфологии и алгоритме левой окрестности. Для обеспечения скорости и точности позиционирования был использован компенсационный метод управления вращением устройства. В большом испытательном зале были проведены эксперименты по проверке автоматического струйного устройства пожаротушения на основе видео. Результаты показывают, что этот метод позволяет хорошо локализовать и потушить тестовый пожар.

Потребуется улучшить будущую работу, точность определения местоположения пожара, надежность движущихся частей и компенсирующий метод управления.

Рассмотрим инновационные средства аэрозольного порошкового пожаротушения.

Основные преимущества:

- простая системная сеть, низкая стоимость проекта, простота конструкции и монтажа;
- может работать с системой пожарной сигнализации;

- дистанционное визуальное тушение пожара;
- автоматическое обнаружение пожара, отправка сигналов тревоги и определение местоположения точки возгорания;
- автоматическое управление, дистанционное ручное управление и функция ручного управления на месте;
- большое расстояние обнаружения, большая зона защиты, быстрая реакция, высокая чувствительность обнаружения.

Системы пожаротушения Salgromatic быстро обнаруживают пожар, при необходимости передают пожарный сигнал тревоги и осуществляют тушение пожара вручную, полуавтоматически или полностью автоматически с помощью соответствующей системы обнаружения и контроля пожара. Системы также могут запускаться с помощью неэлектрических исполнительных устройств, и в этом случае для их работы не требуется никакого внешнего источника питания.

Компания Salgromatic ARMORON представила и вывела на рынок самые передовые системы и решения для высокозащищенного пожаротушения конденсированным аэрозолем. Модульные аэрозольные установки и системы Salgromatic AeroMAG и серии SalgroMAG предлагают совершенно новые возможности для простой, современной и перспективной противопожарной защиты в нескольких различных областях применения. Аэрозольные огнетушители Salgromatic позволяют легко обезопасить даже самые сложные объекты, зоны и помещения зданий, которые не подходят или невозможно защитить традиционными методами и системами пожаротушения [26].

Salgromatic – финский производитель противопожарных систем и компания-предшественник, специализирующаяся на современных модульных технологиях пожаротушения [26].

Salgromatic разрабатывает и производит решения для противопожарной защиты и связанные с ними экспертные услуги, услуги по монтажу и обслуживанию жизненного цикла по всему миру для корпораций и

организаций всех типоразмеров на различных рынках. Клиентская база состоит из многих ведущих компаний отрасли, государственных учреждений и известных брендов, однако компания в равной степени обслуживает малые и средние предприятия, предпринимателей и частных клиентов.

Решения для пожаротушения Salgromatic воплощают передовые идеи отрасли в области охраны окружающей среды и климата, позволяя индивидуально и ответственно оптимизировать корпоративную безопасность бизнеса в соответствии с принципами 100% экологичности и устойчивого развития, поскольку они не оказывают абсолютно никакого воздействия на окружающую среду, климат и природу.

Технологии и модель внедрения Salgromatic позволяют сделать их более выгодными по цене, требуют значительно меньше места и проще в проектировании, установке и обслуживании, чем обычные системы газового пожаротушения. Прежде всего, системы обеспечивают превосходную способность к пожаротушению, абсолютную эксплуатационную надежность и повышенное удобство в использовании.

Система Salgromatic полностью не находится под давлением и стабильна в нормальном состоянии, а ее работа основана на специальном твердом соединении, не реагирующем и нетоксичном, которое остается неизменным до тех пор, пока его не активируют. Электрический или термический триггер инициирует реакцию, при которой твердое химическое вещество начинает очень быстро образовывать большое количество газов и частиц внутри устройства. Заполненный частицами поток газа подается через охлаждающий элемент и фильтрующую сетку к выпускному патрубку, где образуется однородный и высокоэффективный огнетушащий аэрозоль, препятствующий возгоранию. Газообразный аэрозоль быстро распределяется по всей охраняемой территории, и трехмерные частицы достигают даже самых скрытых мест всего за несколько секунд.

Системы пожаротушения аэрозолями Salgromatic существенно отличаются по своей структуре от традиционных систем, поскольку для них

не требуются источники воды, газовые баллоны под давлением, резервуары или центральные помещения, сеть распределительных трубопроводов или форсунки. Огнетушащее вещество выпускается непосредственно из отдельных ёмкостей, не находящихся под давлением, что значительно упрощает систему.

Аэрозольные огнетушители Salgromatic – это устройства без давления, герметичные и практически не требующие технического обслуживания, которые рассчитаны на работу в экстремальных условиях (-60...+80 °С) в любой среде.

Установки AeroMAG и SalgroMAG выпускаются самых разных размеров и конструкций в зависимости от области применения, и выбор также распространяется на одноразовые и переносные огнетушители и системы (рисунок 5).

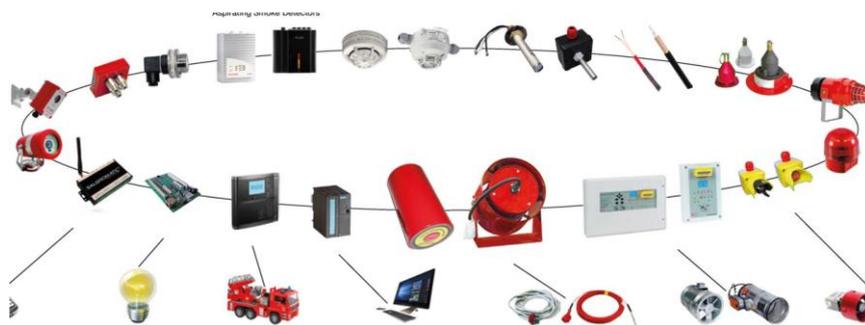


Рисунок 5 – Установки AeroMAG и SalgroMAG [8]

Системы Salgromatic могут использовать все известные технологии обнаружения пожара и могут быть оборудованы для работы с интеллектуальными детекторами дыма, тепла и их комбинациями, линейными и лазерными датчиками нагрева, механическими датчиками, а также со специальными детекторами, такими как аспирационные системы обнаружения дыма, линейные детекторы теплового обнаружения, детекторы пламени, искры и АТЕХ, и любыми высокотехнологичными детекторами, предназначенными для защиты от особого риска в сложных помещениях.

Системы пожаротушения SALGROMATIC разработаны в точном соответствии с требованиями охраняемого помещения, отраслевыми стандартами и пожеланиями заказчика. При определении размеров огнетушащего вещества и выборе компонентов всегда учитываются различные эксплуатационные условия и факторы окружающей среды, а также тип пожара и огневая нагрузка. Это обеспечит точную пригодность, эффективность, надежность и безопасность вашей системы противопожарной защиты в любых пожарных ситуациях. Надежность в будущем и отсутствие компромиссов [28].

Системы SALGROMATIC на 100 % безопасны для окружающей среды и соответствуют принципам устойчивого развития. (ODP=0, GWP=0, ALT=0). Системы Salgromatic не загрязняют окружающую среду и не наносят дополнительного ущерба при эксплуатации. Системы Salgromatic повышают безопасность персонала, поскольку не представляют значительного риска для людей. Salgromatic проходит медицинское обследование и противопожарные испытания ведущими отраслевыми органами власти и исследовательскими институтами по всему миру. Уровень безопасности также повышается благодаря отсутствию давления и стабильности систем [29].

Пожарная система, и при необходимости немедленно уведомляет о возможной опасной ситуации. Таким образом, получается время для вмешательства в ситуацию, и в этом случае фактический пожар может не успеть разгореться. Однако, если пожар вспыхивает, система всегда первой оказывается на месте и готова немедленно приступить к тушению. При желании пожарная система Salgromatic также обеспечивает возможность двойного и многоступенчатого тушения пожара в случае, если существует вероятность повторного возгорания.

Модульная конструкция SALGROMATIC и простая структура системы позволяют легко модернизировать и расширять противопожарную систему в будущем в соответствии с вашими потребностями. Мощность системы пожаротушения может быть легко увеличена или уменьшена в соответствии

с возможными изменениями на защищаемом объекте, и, при необходимости, вся система может быть демонтирована, переустановлена и перенастроена для совершенно другого места или применения. Система пожаротушения Salgromatic никогда не привязана к месту или обстоятельствам и всегда может быть легко изменена или обновлена в будущем [8] (рисунок 6).



Рисунок 6 – Различные места установки систем пожаротушения Salgromatic

Системы пожаротушения и решения для противопожарной защиты SALGROMATIC могут подключаться практически ко всем системам управления зданиями и заводами и при необходимости управлять другим внешним оборудованием, таким как органы управления, машинами, аварийные остановки различного оборудования, противопожарные заслонки и вентиляция. Системы Salgromatic могут быть настроены на передачу пожарной сигнализации и сигналов о неисправностях системы, а также информации о состоянии в систему автоматизации зданий и процессов, центр пожарной сигнализации или другое средство мониторинга. Системы также могут быть оснащены беспроводной передачей данных и могут быть дополнены различными операционными устройствами, а также оборудованием для контроля и сигнализации в соответствии с потребностями

[31].

Противопожарная система SALGROMATIC никогда не приведет к случайному выбросу огнетушащего вещества в случае ошибки, ложной тревоги или неисправности, а также возможная неисправность в системе не предотвратит включение системы пожаротушения в случае возникновения пожарной ситуации. Данные системы сводят к минимуму ложные срабатывания, а также нежелательные выбросы огнетушащего вещества, а также расходы, возникающие в связи с этими событиями. Потребителю также не придется беспокоиться о каких-либо непредвиденных расходах в будущем, поскольку затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание противопожарных систем на весь жизненный цикл могут быть точно рассчитаны заранее. Если система сработала, повторная активация может быть произведена даже через несколько часов, и система пожаротушения быстро вернется в рабочее состояние.

Аэрозольные противопожарные системы Salgromatic ARMORON могут быть сконфигурированы для обеспечения защиты от прямого воздействия на источник, локального применения и полного заполнения, а также для индивидуальной специальной противопожарной защиты практически в любых возможных областях применения (рисунок 7).

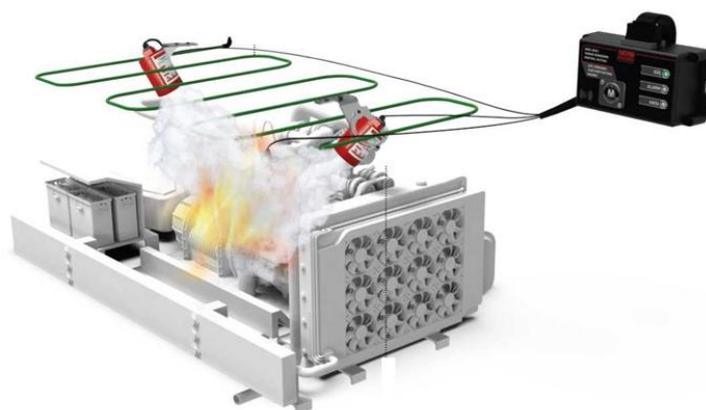


Рисунок 7 – Установка системы пожаротушения на двигатель [8]

Системы пожаротушения Salgromatic обеспечивают высококачественную, надежную, а также экономичную и перспективную техническую противопожарную защиту, которая может быть легко адаптирована к индивидуальным и специфическим требованиям желаемого применения независимо от характера рабочей среды.

Компания RSBP разработала собственные системы защиты покрасочных камер и предоставляет полный спектр услуг и продуктов, связанных с защитой покрасочных камер. От производства до поставки, окончательной сборки и сервисного обслуживания все аспекты технологического процесса защищены, чтобы свести к минимуму риск возникновения пожара, который может привести к очень дорогостоящему повреждению высокотехнологичных систем и зданий [33].

Высококочувствительные оптические детекторы постоянно контролируют все критические места в окрасочной камере. В случае наличия источника воспламенения детектор определяет его излучение и после оценки блоком управления активируется тушение.

Блок управления также связан с системой управления линией окраски и отключает оборудование для распыления в режиме реального времени, чтобы предотвратить дополнительную подачу легковоспламеняющихся материалов в защищаемые зоны. Таким образом, зарождающийся пожар очень быстро и эффективно тушится системой защиты RSBP, и производство линии может быть возобновлено в очень короткие сроки. Только такая защита может свести к минимуму затраты и простои, вызванные пожаром.

Противопожарная защита станков и риски: во время обработки современные режущие станки часто охлаждаются легковоспламеняющимися маслами, которые создают масляный туман в рабочей зоне [32].

Противопожарные системы компании RSBP могут защищать станки для электроискровой резки, координатно-шлифовальные станки и фрезы, а также другие подобные электрические устройства (рисунок 8).



Рисунок 8 – Пример обеспечения пожаротушения станков [8]

Воспламенение легковоспламеняющихся паров может быть вызвано нагревом от трения или электроискровых станков для резки. Возникающий в результате пожар может распространиться от станка для резки на выхлопную систему и, следовательно, на другие помещения завода.

Опасные детали станка: зона обработки, зоны на входе и выходе обрабатываемых изделий, зона, ведущая к выхлопной системе, зона над корпусом электроискрового станка для резки [30].

Решение: RSBP предлагает высококачественную и эффективную противопожарную защиту для технологий механической обработки в связи с предотвращением конкретных проблем, вызванных туманом охлаждающего масла, парами легковоспламеняющихся жидкостей и легковоспламеняющимися отходами, образующимися в процессе механической обработки [27].

Рабочие зоны режущих станков постоянно контролируются системой оптических и температурных датчиков.

В случае пожара блок управления: запускает звуковую сигнализацию, автоматически отключает соответствующее оборудование и открывает клапан баллона с огнетушащим веществом.

В течение нескольких секунд огнетушащее вещество поступает в рабочее пространство режущего станка и тушит пожар.

## **2.2 Разработка рекомендаций по внедрению инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях**

Решение проблем пожарной безопасности требует сотрудничества в различных областях, включая:

- инженерию;
- городское планирование;
- управление чрезвычайными ситуациями.

Междисциплинарные подходы могут привести к инновационным решениям, которые улучшают профилактику, обнаружение и реагирование на пожары. Объединяя знания и методологии из разных областей, эксперты могут разрабатывать более комплексные стратегии для снижения пожарной опасности.

Реализация обратной связи имеет важное значение для постоянного совершенствования мер пожарной безопасности.

Содействие сотрудничеству между различными заинтересованными сторонами имеет жизненно важное значение для повышения пожарной безопасности. Это может включать государственно-частное партнерства. Сотрудничество между государственными учреждениями и частными технологическими компаниями может стимулировать инновации и совместное использование ресурсов.

Разработаем рекомендаций по внедрению инновационных автоматических установок пожаротушения Salgromatic на крупных промышленных предприятиях.

Модули пожаротушения с контролем давления огнетушащего порошка включает в себя резервуар для химически связанного азота, резервуар для огнетушащего порошка и группу клапанов привода управления давлением. Метод реализации можно обобщить следующим образом: при срабатывании системы благодаря химической реакции азот подаётся под установленным

значением давления через соответствующую группу клапанов, и уже пониженное давление азота регулируется электромагнитным пропорциональным клапаном для достижения постоянного давления азота на входе в резервуар для огнетушащего порошка. Когда давление в резервуаре для порошка достигает установленного значения, электрический управляющий шаровой клапан на его выходе открывается, направляя огнетушащий порошок к соплу для направленного тушения. Объем ёмкости с химически связанным азотом составляет 3 л; объем баллона с огнетушащим порошком 8 л, внутренний диаметр 160 мм, внутренний диаметр клапана 10 мм.

Для системы пожаротушения порошком с контролируемым давлением и для связанных с ней устройств пожаротушения с подачей огнетушащего порошка, работающих на азоте, давление впрыска, диаметр трубы впрыска, форма сопла и соотношение нагрузки может оказывать влияние на эффект тушения порошка системы. Это важные параметры при проектировании и разработке модулей пожаротушения определяются посредством настройки редуктора давления подачи порошка, выбора диаметра трубы и конструкции сопла. Однако механизм двухфазного взаимодействия газа и твердого тела и характеристики потока впрыска частиц порошка, работающих на азоте, а также влияние связанных параметров на эффект тушения пока не ясны. Это не способствует оптимизации и проектированию пожаротушения с контролируемым давлением подачи огнетушащего порошка.

Исследователи провели соответствующие исследования механизмов распыления частиц порошка и влияния связанных параметров. Теодор Габор [26] изучал динамику потока газа и порошка при различных профилях сопел и обнаружили, что прямоугольные сопла не так эффективны в ускорении впрыска порошка, как круглые сопла. Ву Чанг Сун [27] проанализировал влияние распределения размеров частиц на динамику жидкости в пневматических системах транспортировки разбавленной фазы. Результаты показали, что, хотя ширина в распределении размеров частиц стала больше, а

стандартное отклонение увеличилось, падение давления и скорость скачка на единицу длины уменьшились с увеличением фракции мелкого порошка в распределении размеров частиц. Гуаньлун Рен [30] использовал модель Эйлера-Эйлера для численного моделирования влияния различных положений впуска на псевдо ожигание порошка, и он обнаружил, что перемещение положения впуска назад может улучшить стабильность выхода порошка. Дмитрий Портников [28] предложил простой метод прогнозирования износа частиц во время пневматической транспортировки. Экспериментальные результаты и исследования параметров показали, что чем больше отношение радиусов изгиба, тем меньше повреждение транспортируемого материала. Результаты показали, что ширина струи и толщина пограничного слоя оказывают определенное влияние на скорость частиц. С увеличением расстояния от выходного положения сопла скорость частиц увеличивалась, а затем имела тенденцию к стабилизации, в то время как распределение скорости частиц в сопле было неравномерным, и разница была относительно большой.

Подводя итог, можно сказать, что механизм и характеристики потока двухфазной инъекции порошка с использованием азота, а также механизмы влияния давления подачи, диаметра трубы для огнетушащего порошка, конфигурации сопла и соотношения загрузки на инъекцию порошка пока не ясны. На основании вышеизложенного в исследовании устанавливается вычислительная модель динамики для инъекции огнетушащего порошка с использованием азота в двухфазном потоке газ-твердое тело. В нем исследуются микроэффекты различных давлений подачи, диаметров труб и конфигураций сопел на инъекцию огнетушащего порошка.

На этой основе исследователи создали экспериментальную модель распыления огнетушащего порошка для исследования эффекта распыления порошка при тушении. Эффект распыления порошка исследуется при различных давлениях подачи, диаметрах труб, конфигурациях сопел и соотношениях загрузки.

Результаты исследований могут послужить теоретическим и техническим обоснованием для проектирования и разработки систем порошкового пожаротушения с регулируемым давлением и связанных с ними устройств пожаротушения с распылением огнетушащего порошка, работающих на азоте.

Прибор, используемый в этом эксперименте, в основном включает в себя коробку для сбора огнетушащего порошка (Д×Ш×В: 17×11×4 см), воронку, высокоскоростную камеру (рисунок 9), рулетка. Высокоскоростная камера используется для записи распыления огнетушащего порошка, рулетка используется для измерения расстояния. Огнетушащий агент, используемый в экспериментах по распылению огнетушащего порошка, представляет собой огнетушащий агент, с размером частиц 50 мкм и насыпной плотностью 0,5 г/мл.



Рисунок 9 – Высокоскоростная камера.

Взяв в качестве объекта исследования трубу и сопло огнетушащего устройства для огнетушащего порошка, исследователи построили геометрическую модель пропорционально фактическому размеру устройства для пожаротушения с регулируемым давлением. Модель состоит из входного отверстия давления, двух труб для порошка, сопла и внешнего поля потока. Среди них вертикальная труба для огнетушащего порошка соединена с

горизонтальной трубой для огнетушащего порошка через прямоугольное колено, а горизонтальная труба для порошка соединена с соплом (рисунок 10). Внешнее поле потока представляет собой расчетную область выходного отверстия сопла.



Рисунок 10 – Условия проведения эксперимента

В рассматриваемом исследовании изучались характеристики потока впрыска частиц огнетушащего порошка, приводимого в действие азотом, в сверхзвуковых условиях. Процесс впрыска очень короткий.

Численное моделирование проводилось с использованием трубки для порошка диаметром 10 мм и прямого сопла при различных условиях давления привода. Распределение контурных линий числа Маха для двухфазного потока газ-твердое тело при давлении азота (0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9) МПа показано на рисунке 8, при этом все впрыскиваемые частицы огнетушащего порошка протекали через все расчетное поле потока в качестве точки остановки для численного моделирования. Как показано на рисунке 11, во внешнем поле потока имеются очевидные ударные волны, а скорость в области ядра струи газовой фазы намного выше скорости окружающей струи. По мере увеличения расстояния впрыска число Маха постепенно уменьшается, а скорость газовой фазы постепенно уменьшается. Максимальная скорость газовой фазы находится в положении центральной

оси трубки для огнетушащего порошка. По мере увеличения давления привода влияние распределения числа Маха становится больше. Площадь ядра струи увеличивается, и скорость области ядра также увеличивается. Интенсивность ударной волны продолжает расти. При рабочем давлении 0,9 МПа максимальное число Маха может достигать 2,8. Разница между изолиниями чисел Маха чистой газовой фазы и рабочего давления 0,3 МПа незначительна.

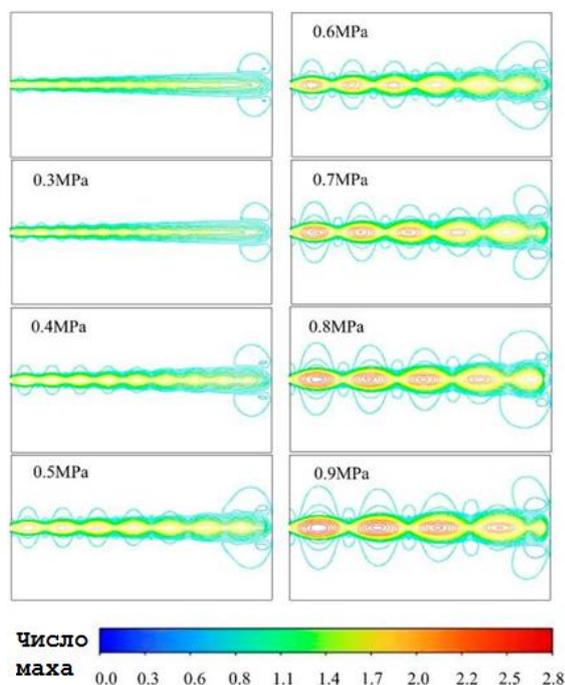


Рисунок 11 – Распределение контурных линий числа Маха для двухфазного потока газ-твердое тело при давлении азота

На рисунке 11 показана диаграмма облака распределения статического давления двухфазного потока газ-твердое тело, движущегося азотом при разных давлениях. Из рисунка можно проанализировать следующее: в устье сопла статическое давление относительно высокое, во внешнем поле течения оно находится в очевидном всплеске, и в то же время существует распределение отрицательного давления, которое обусловлено чрезмерной скоростью газовой фазы, что приводит к образованию отрицательного

давления, образованию отрицательного давления, что приводит к сжатию газа, что создает всплеск. Сравнивая диаграмму облака распределения статического давления при разных давлениях азота, обнаруживается, что диаграмма облака статического давления при газовой фазе и 0,3 МПа не сильно отличается (рисунок 12).

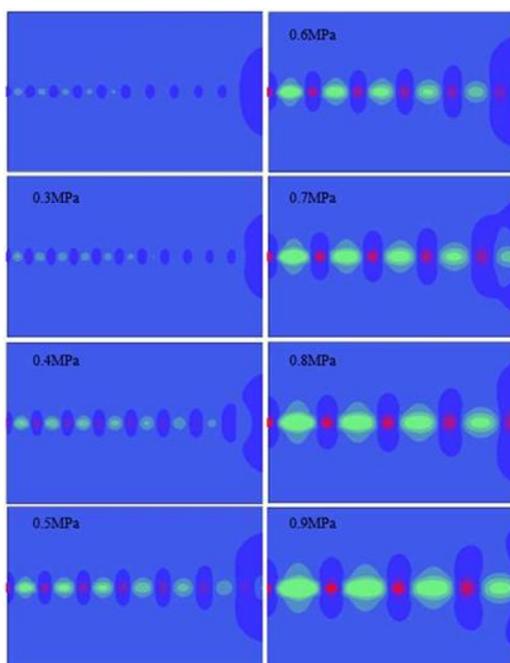


Рисунок 12 – Диаграмма облака распределения статического давления двухфазного потока газ-твердое тело

С увеличением давления азота можно обнаружить, что интенсивность ударной волны явно усиливается, а область отрицательного давления внешнего поля течения также становится больше. Между тем, область положительного давления и значение давления также становятся больше, и положительное давление и отрицательное давление появляются попеременно; это связано с увеличением давления азота. Скорость газовой фазы двухфазного потока также увеличивается, что приводит к тому, что отрицательное давление образуется легче, а область отрицательного давления образуется легче. Это происходит из-за увеличения давления азота и увеличения скорости газовой фазы двухфазного потока, что приводит к

отрицательному давлению легче; область становится больше, а сжатие газа происходит интенсивнее.

На рисунке 13 показана диаграмма облака распределения скорости частиц в двухфазном потоке газ-твердое тело при различных давлениях, определяющая скорость частиц как  $V$ .



Рисунок 13 – Облачное изображение скорости частиц двухфазного потока при различных давлениях

Во внешнем поле потока общая скорость частиц увеличивается с увеличением движущего давления, и скорость частиц  $V$  может достигать 430 м/с при 0,9 МПа, а дальность струи ядра частиц порошка во внешнем поле уменьшается, а дальность струи ядра во внешнем поле является наибольшей и наиболее равномерно распределена в частицах огнетушащего порошка при 0,3 МПа является наибольшей, а распределение скорости наиболее равномерным. При 0,9 МПа дальность струи ядра частиц порошка во внешнем поле потока является наименьшей, и разница в скорости частиц порошка относительно велика. Скорость частиц порошка в центральной области может достигать 430 м/с, а скорость самых внешних частиц

снижается до 300 м/с, а максимальная разница может составлять до 130 м/с. Для тушения пожара порошком, чем больше площадь тушения струи огнетушащего порошка, тем лучше. Согласно численному моделированию, при давлении 0,3 МПа частицы огнетушащего порошка имеют самое широкое распределение во внешнем поле потока и самое равномерное распределение скорости, что обеспечивает хороший эффект распыления.

Численное моделирование проводилось с использованием прямого сопла, работающего под давлением азота 0,3 МПа, при диаметре трубы (6,5, 8, 10) мм.

На рисунке 14 показаны контурные линии числа Маха двухфазного потока газ-твердое тело при различных диаметрах трубы. Из рисунка видно, что во внешнем поле течения наблюдается явление ударной волны, а скорость в области ядра струи сильно меняется. С увеличением диаметра трубы для огнетушащего порошка интенсивность ударной волны увеличивается, площадь ядра струи становится больше, а число Маха в области ядра также увеличивается.

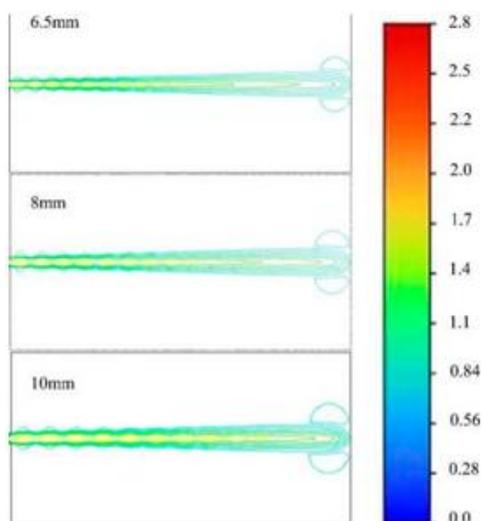


Рисунок 14 – Контурные линии числа Маха двухфазного потока газ-твердое тело при различных диаметрах трубы

На рисунке 15 показана карта облака распределения скорости частиц

двухфазного потока газ-твердое тело под трубами для порошка разного диаметра. Как показано на рисунке, с увеличением диаметра трубы общая скорость частиц увеличивается. При диаметре трубы 10 мм скорость частиц в центральной области внешнего поля потока значительно выше, чем во внешнем слое, что может быть связано с наличием явных ударных волн во внешнем поле потока.

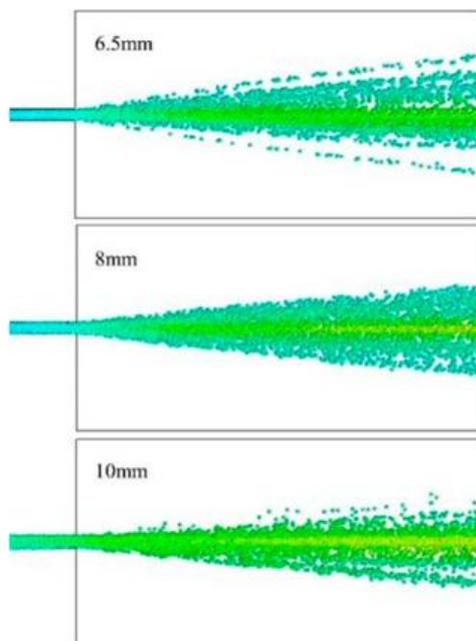


Рисунок 15 – Контуры частиц двухфазного потока при различных диаметрах труб.

При диаметре трубы для огнетушащего порошка 8 мм распределение скорости частиц во внешнем поле потока наиболее равномерное, а распределение порошка наиболее концентрированное, с большим диапазоном диффузии для огнетушащего порошка. При диаметре трубы для порошка 6,5 мм распределение частиц во внешнем поле потока относительно дисперсное, что может быть вызвано нестабильным радиальным статическим давлением и распределением скорости газовой фазы.

Проведём исследование механизма и влияния двухфазного течения газа и твердого тела при впрыскивании огнетушащего порошка при различных

конфигурациях сопла.

Численные моделирования проводились на трубке с порошком диаметром 10 мм, приводимой в движение азотом под давлением 0,3 МПа при различных конфигурациях сопла. Принципиальная схема сопла показана на рисунке 16. При использовании сопла интенсивность ударной волны меньше, а область ядра струи короче по сравнению с использованием прямого сопла.

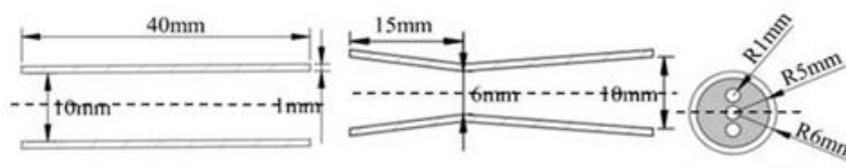


Рисунок 16 – Конфигурации и размеры сопла

В ходе эксперимента исследователями определено, что при использовании трехотверстийного сопла число Маха внешнего поля течения наименьшее, а ударная волна не выявлена. При использовании прямого сопла ударная волна во внешнем поле течения зафиксирована, область ядра струи самая длинная, а скорость газа в области ядра самая высокая.

На рисунке 17 показана карта распределения облака скорости частиц в двухфазном потоке под различными соплами. Из рисунка видно, что когда сопло трехотверстного типа, скорость частиц огнетушащего порошка относительно мала, примерно 200 м/с, диапазон распределения частиц наименьший, и распределение частиц внешнего слоя относительно дисперсное. Когда используется сопло прямого типа горловины скорость частиц порошка относительно высока, приблизительно 310 м/с, и существует определенная разница в скорости частиц между областью сердцевины и внешним слоем. Распределение частиц огнетушащего порошка во внешнем слое относительно рассеяно, что может быть связано с неравномерным распределением радиальной скорости газовой фазы и статического давления

на выходе из сопла и полученной сильной ударной волной. Когда используется сопло, скорость частиц относительно равномерна, приблизительно 260 м/с, с широким распределением частиц, которое более равномерно для внешних частиц порошка. Из карты распределения облака скорости частиц в двухфазном потоке можно увидеть, что когда используется сопло, его эффект распыления огнетушащего порошка является наилучшим и наиболее благоприятным для тушения пожара.

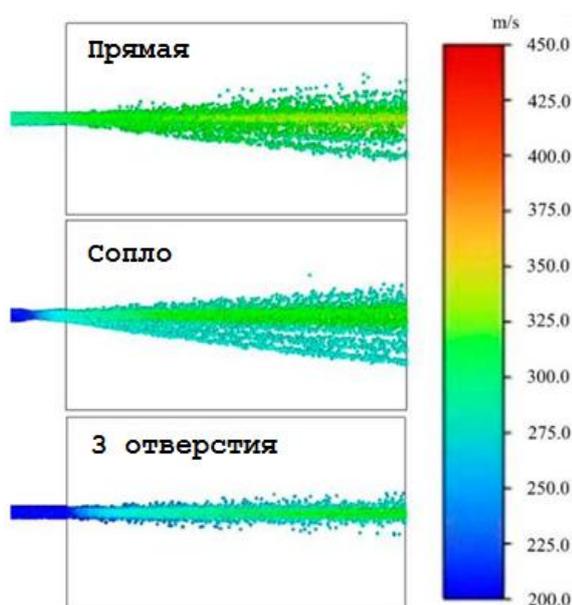
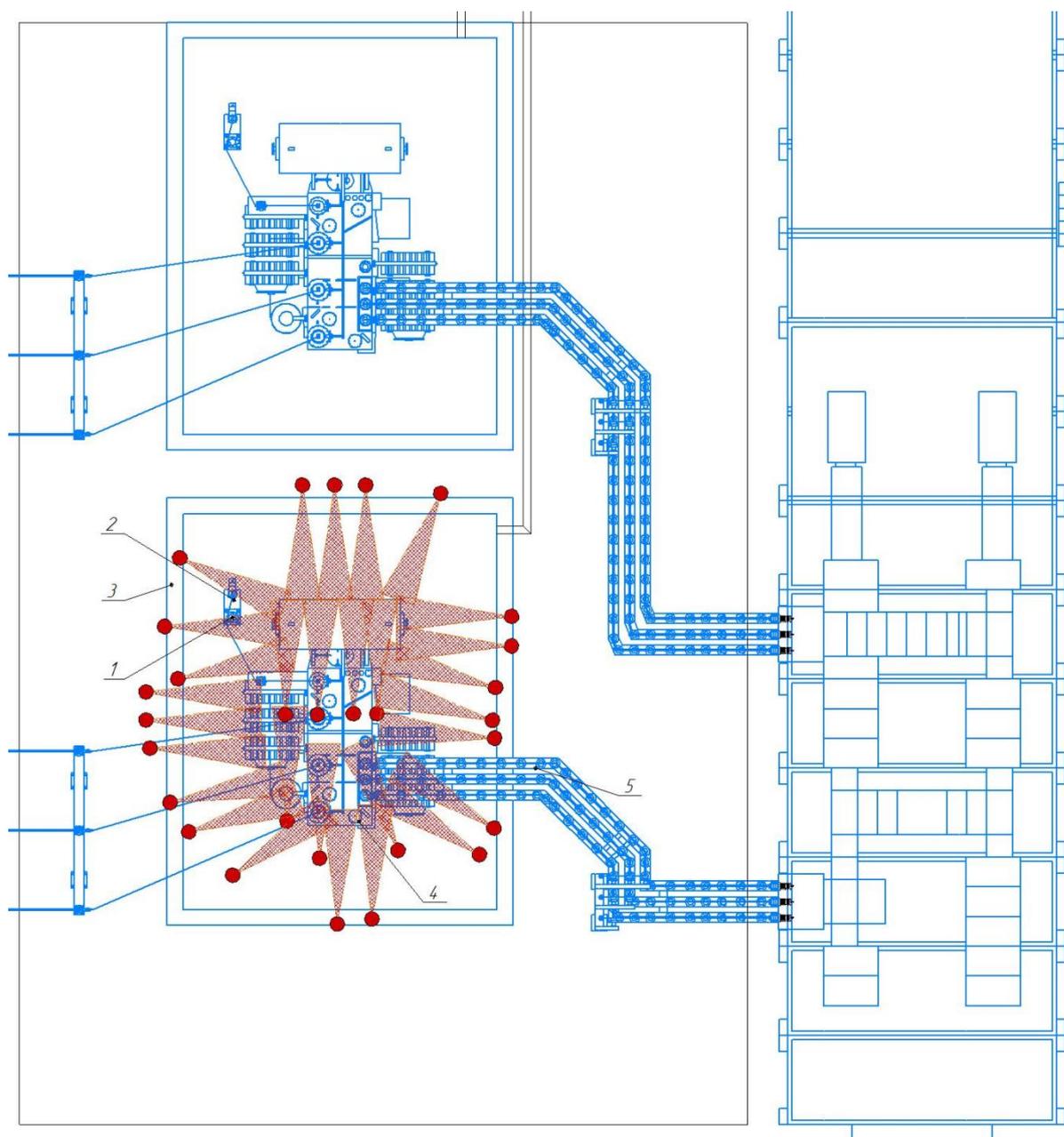


Рисунок 17 – Сравнение различных конфигураций устройств подачи порошка

В ходе экспериментальной проверки исследователями установлено, что при подаче азота под давлением 0,3 МПа, диаметре трубы для огнетушащего порошка 8 мм, сопле и коэффициенте загрузки порошка 1.

На исследуемой электроподстанции для тушения одного трансформатора тока ТРГ-110-УХЛ1 (рисунок 15) необходимо разместить 29 газопорошковых модулей SMAG-35 с диаметром сопла подачи порошка 8 мм и давлением газа 0,3 МПа.



1 – ограничитель перенапряжений ОПН-35-УХЛ1, 2 – заземлитель нейтрали ЗОН-35Б-1 УХЛ1, 3 – стена маслоприемника, 4 – силовой трансформатор ТДН-25000/110/10-У1, 5 – изолятор ОНШ-Ю-20-УХЛ1

Рисунок 18 – Размещение газопорошковых модулей SMAG-35 для тушения одного трансформатора тока ТРГ-110-УХЛ1

Эффективная максимальная дальность действия огнетушащего устройства составляет 414,5 см, а эффективная площадь тушения пожара огнетушащего устройства составляет 11033 см<sup>2</sup>.

В качестве рекомендуемых организационных мероприятий по

внедрению инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях предлагается:

- производить расчёты по проектированию инновационных автоматических установок пожаротушения согласно результатов экспериментальных исследований научно-технических учреждений по данному виду средства тушения;
- проектировать инновационные автоматические установки пожаротушения на объекте основываясь на рекомендации завода-изготовителя данных средства тушения;
- при внедрении инновационных автоматических установок пожаротушения на объекте предлагается разрабатывать и утверждать СТУ с обоснованием определённых в проектах технических решений и характеристик средств пожаротушения, подкрепляя их результатами экспериментальных исследований научно-технических учреждений по данному виду средства тушения и рекомендациями завода-изготовителя данных средства тушения [10].

В процессе эксплуатации здания, его техническое состояние изменяется. Это выражается в ухудшении количественных характеристик работоспособности, в частности, надёжности систем обеспечения безопасности. Ухудшение технического состояния систем обеспечения пожарной безопасности зданий происходит в результате изменения физических свойств материалов, характера сопряжений между ними, а также некачественного обслуживания оборудования.

Осмотр инновационных автоматических установок пожаротушения должен производить обученный персонал, сдавший зачет на право работ, изучивший принцип работы устройств установок и прошедший обучение и проверку знаний об особенностях инновационных установок, при необходимости, привлекать специализированные организации, имеющие лицензии для проведения выше указанных работ.

Проверку работоспособности систем противопожарной защиты должен производить обученный персонал, сдавший зачет на право работ, изучивший принцип работы устройств установок и прошедший инструктаж по технике безопасности, при необходимости, привлекать специализированные организации, имеющие лицензии для проведения выше указанных работ.

Для обеспечения бесперебойного функционирования технических средств инновационных автоматических установок пожаротушения необходимо заключить договор со специализированной организацией на регламентное техническое обслуживание указанных систем.

Вывод по разделу.

В разделе определено, что в нормативных документах явно не требуются системы пожаротушения на всех трансформаторах, скорее, это требуется для достижения целей проектирования эффективной системы пожарной защиты. Проблемами же применения инновационных автоматических установок пожаротушения на объектах является отсутствие опыта эксплуатации данных инновационных технических средств автоматического пожаротушения, то есть отсутствие статистики их надёжности. Также проблемами применения инновационных автоматических установок пожаротушения на объектах является их относительно высокая стоимость по сравнению с традиционными системами автоматического пожаротушения.

Для тушения пожаров были разработаны и использовались автоматические устройства аэрозольного пожаротушения на основе отслеживания инфракрасного излучения от очага пожара. В большом испытательном зале исследователями были проведены эксперименты по проверке автоматического струйного устройства пожаротушения на основе видео. Результаты показывают, что этот метод позволяет хорошо локализовать и потушить тестовый пожар.

Учитывая макроскопические эффекты давления нагнетания, диаметра трубы огнетушащего порошка, конфигурации сопла и коэффициента

загрузки, была создана экспериментальная платформа для подачи огнетушащего порошка, и были проведены эксперименты по впрыску огнетушащего порошка на основе различных влияющих факторов. Когда давление нагнетания увеличивалось с 0,3 МПа до 0,9 МПа, эффективная площадь пожаротушения уменьшалась на 1683 см<sup>2</sup>. Когда диаметр трубы составлял 8 мм, эффективная площадь пожаротушения была наибольшей. Когда диаметр трубы составлял 10 мм, эффективная площадь пожаротушения была наименьшей, с разницей в 2057 см<sup>2</sup> между ними. Когда сопло было трехотверстийного типа, эффективная площадь пожаротушения была наименьшей. Когда используется суженное сопло, эффективная площадь пожаротушения была наибольшей, с разницей в 7480 см<sup>2</sup> между ними. При коэффициенте загрузки огнетушащего порошка 1 эффективная площадь тушения пожара была наибольшей, что на 6171 см<sup>2</sup> отличалось от случая, когда коэффициент загрузки порошка составлял 0,625.

Мы выбрали оптимальную комбинацию параметров. Было установлено, что оптимальное давление подачи азота составило 0,3 МПа, диаметр трубы для огнетушащего порошка составил 8 мм, используется суженное сопло, а коэффициент загрузки порошка составил 1 – это оптимальная комбинация параметров, которая дает теоретическую основу для систем аэрозольного порошкового тушения пожаров с управлением давлением.

На исследуемой электроподстанции для тушения одного трансформатора тока ТРГ-110-УХЛ1 предложено разместить 29 газопорошковых модулей SMAG-35 с диаметром сопла подачи порошка 8 мм и давлением газа 0,3 МПа.

### **3 Анализ эффективности применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях**

#### **3.1 Методика оценки технико-экономической эффективности применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях**

Выполненный анализ результатов проверок противопожарного состояния технических объектов позволяет «сделать определенные выводы о взаимосвязи отсутствия и неудовлетворительного состояния систем автоматического пожаротушения и ущербом от предполагаемых пожаров на данных объектах» [6].

«Требованиями нормативных документов четко определен перечень зданий, сооружений и помещений подлежащих защите системами автоматического пожаротушения. Однако на практике руководители предприятий, объясняя отсутствием финансирования и бюджетных средств на монтаж и обслуживание систем автоматического пожаротушения, сознательно нарушают закон и пренебрегают выполнением требований нормативных документов в части защиты эксплуатируемых объектов» [19].

«Наличие и исправность автоматических систем обнаружения и тушения пожаров является одной из составляющих соответствия технического объекта защиты требованиям пожарной безопасности» [6].

«Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации должны монтироваться в зданиях и сооружениях в соответствии с проектной документацией, разработанной и утвержденной в установленном порядке. Автоматические установки пожаротушения должны быть обеспечены:

- расчетным количеством огнетушащего вещества, достаточным для ликвидации пожара в защищаемом помещении, здании или сооружении;

- устройством для контроля работоспособности установки;
- устройством для оповещения людей о пожаре, а также дежурного персонала и (или) подразделения пожарной охраны о месте его возникновения;
- устройством для задержки подачи газовых и порошковых огнетушащих веществ на время, необходимое для эвакуации людей из помещения пожара;
- устройством для ручного пуска установки пожаротушения, за исключением установок пожаротушения, оборудованных оросителями (распылителями), оснащенными замками, срабатывающими от воздействия опасных факторов пожара» [6].

«При устройстве установок пожаротушения в зданиях и сооружениях с наличием в них отдельных помещений, где по нормам требуется только пожарная сигнализация, вместо нее, с учетом технико-экономического обоснования, допускается предусматривать защиту этих помещений установками пожаротушения» [6].

«Быстродействующие системы пожаротушения это современный комплекс для защиты от пожара. Предназначенные для защиты от пожара любого количества помещений» [6].

«Собственники и владельцы зданий и помещений, понимая всю ответственность за последствия пожара, анализируют и изыскивают оптимальное (с точки зрения эффективности и стоимости) решение по защите своих объектов» [6].

«За последние годы произошли существенные изменения не только количественного, но качественного показателя защиты технических объектов системами пожаротушения которые в том числе запатентованы и внедрены на различных технических объектах, что повлекло реализацию новых способов тушения пожаров в зависимости от назначения зданий и помещений. В связи с этим представляется актуальным их рассмотрение в качестве возможных для внедрения высокоэффективных технических

устройств» [6].

Проблемы внедрения инновационных автоматических установок пожаротушения многогранны и варьируются от проблем соблюдения нормативных требований и технологических барьеров до организационных и экономических ограничений. Преодоление этих проблем требует согласованных усилий по совершенствованию нормативной базы, внедрению инновационных технологий, формированию культуры пожарной безопасности и балансу экономических соображений с обязательствами в области обеспечения пожарной безопасности и охраны окружающей среды.

Нормативная база в области пожарной безопасности представляет собой законы и своды правил обязательных к исполнению, и поэтому их содержание имеет форму требований. Рекомендации, основанные на признанной передовой практике проектирования, установки и обслуживания систем пожаротушения, должны подходить для большинства промышленных предприятий.

Однако существуют объекты, на которых рекомендации могут оказаться непригодными и приведут к созданию неоправданно дорогих систем противопожарной защиты, включающих меры, которые нельзя считать экономически эффективными или которые может быть сложно установить.

Однако это не означает, что проектировщик должен иметь право игнорировать рекомендации в обстоятельствах, когда заказчик или контролирующий орган требует его соблюдения. Изменения всегда должны быть предметом специального соглашения между всеми заинтересованными сторонами и должны быть четко определены во всей соответствующей проектной документации [2].

Некоторые изменения могут возникнуть в результате оценки пожарного риска или могут быть основаны на заключении экспертизы.

Для оценки технико-экономической эффективности инновационных автоматических установок пожаротушения доступны недавно разработанные

теоретические подходы, в том числе динамические и системная идентификация причин, помогающая определить и устранить предвзятость при ретроспективном анализе. Исходя из этого, с помощью междисциплинарных подходов можно проанализировать условия, при которых произошли пожары, которые были подробно описаны в соответствующих обзорах или статистических материалах.

Имитационные модели в сочетании с автоматизированным проектированием могут способствовать более эффективному проектированию и инженерным практикам, выявляющим возможности обеспечения пожарной безопасности и предотвращения потерь от пожаров до того, как они проявятся на практике. Подробное трехмерное изображение возможного пожароопасного участка и потенциальных источников загораний с точным моделированием последствий сценариев может использоваться как методика оценки технико-экономической эффективности применения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях.

«Методом оценки экономической эффективности систем пожарной безопасности является экономическая оценка экономической эффективности пожарной безопасности. Все эти методы основаны на математических расчетах и вероятностном характере этих расчетов» [6].

Для оценки экономической эффективности применения инновационных автоматических установок пожаротушения, которые направлены на снижение площади пожара за счёт автоматического пожаротушения логично использовать методику, представленную в МДС 21-3.2001 [13].

«Нормативные документы, входящие в систему нормативных документов, содержат обязательные мероприятия, которые должны выполняться на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации строительных объектов, и направлены на обеспечение безопасности людей, а также ограничение прямого и косвенного материального ущерба, включая

содержимое здания и само здание, при экономически обоснованном соотношении величины ущерба и расходов на противопожарные мероприятия, пожарную охрану и ее техническое оснащение» [13].

«Нормативные документы также предусматривают возможность альтернативных решений, выбор которых может осуществляться на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации зданий» [13].

«В соответствии с этим МДС 21-3.2001 допускает обосновывать отступления от норм при выполнении компенсирующих мероприятий, а также разрабатывать противопожарные мероприятия в виде технических условий при проектировании уникальных, особо сложных объектов и объектов, на которые отсутствуют нормативные требования» [13].

«Эффективность мероприятий, направленных на предотвращение распространения пожара, допускается оценивать технико-экономическими расчетами, основанными на требованиях по ограничению прямого и косвенного ущерба от пожаров». В выполняемом при этом «анализе пожарной опасности зданий могут быть использованы расчетные сценарии, основанные на соотношении временных параметров развития и распространения опасных факторов пожара, эвакуации людей и борьбы с пожарами» [13].

«В нормативных требованиях, даже весьма дифференцированных, невозможно учесть все особенности каждого строительного объекта. Поэтому только выполнение нормативных требований может не обеспечить рациональное расходование средств и минимизацию убытков от пожара» [13].

«Экономически обоснованное соотношение величины ущерба от возможных пожаров и расходов на противопожарные мероприятия в зданиях и сооружениях может достигаться, если при решении вопроса пожарной безопасности выполняется сравнение вариантов используемых средств с точки зрения как их стоимости, так и возможных экономических последствий пожара. Выполнение экономического анализа может

производиться для различных решений, оговоренных нормативными требованиями, при обосновании отступлений от действующих норм и правил; при заключении договоров страхования объектов от пожаров» [13].

«Эффективность противопожарного мероприятия определяется на основе сопоставления притоков и оттоков денежных средств, связанных с реализацией принимаемого решения по обеспечению пожарной безопасности» [13].

«Притоком денежных средств является получение средств за счет предотвращения материальных потерь от пожара, рассчитываемых как ожидаемые материальные потери от пожара при выполнении противопожарного мероприятия (проектируемый вариант) и сравнения их с ожидаемыми материальными потерями при его отсутствии (базовый вариант). Оттоком денежных средств являются затраты, связанные с выполнением противопожарного мероприятия» [13].

«Критерием экономической эффективности противопожарного мероприятия (совокупности мероприятий) является получаемый от его реализации интегральный экономический эффект (Я), учитывающий материальные потери от пожаров, а также капитальные вложения и затраты на выполнение мероприятия. Интегральный экономический эффект определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному интервалу планирования с учетом стоимости финансовых ресурсов во времени, которая определяется нормой дисконта, или как превышение интегральных результатов над интегральными затратами» [13].

«Если экономический эффект И от использования противопожарного мероприятия положителен, решение является эффективным (при данной норме дисконта) и может рассматриваться вопрос о его принятии. Если при решении будет получено отрицательное значение И, инвестор понесет убытки, то есть проект неэффективен» [13].

Для оценки экономической эффективности применения

инновационных установок обеспечения пожарной безопасности, которые направлены на предотвращение пожара за счёт более раннего обнаружения пожара необходимо использовать методику, представленную в ГОСТ 12.1.004-91 [16].

«Настоящий стандарт устанавливает общие требования пожарной безопасности к объектам защиты различного назначения на всех стадиях их жизненного цикла: исследование, разработка нормативных документов, конструирование, проектирование, изготовление, строительство, выполнение услуг (работ), испытание, закупка продукции по импорту, продажа продукции (в том числе на экспорт), хранение, транспортирование, установка, монтаж, наладка, техническое обслуживание, ремонт (реконструкция), эксплуатация (применение) и утилизация. Для объектов, не соответствующих действующим нормам, стандарт устанавливает требования к разработке проектов компенсирующих средств и систем обеспечения пожарной безопасности на стадиях строительства, реконструкции и эксплуатации объектов» [16].

«Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями» [16].

«Системы пожарной безопасности должны характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а также экономическими критериями эффективности этих систем для материальных ценностей, с учетом всех стадий (научная разработка, проектирование, строительство, эксплуатация) жизненного цикла объектов и выполнять одну из следующих задач:

- исключать возникновение пожара;
- обеспечивать пожарную безопасность людей;
- обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей;
- обеспечивать пожарную безопасность людей и материальных ценностей одновременно» [16].

«Объекты должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений на требуемом уровне» [16].

«Требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей с помощью указанных систем должен быть не менее 0,999999 предотвращения воздействия опасных факторов в год в расчете на каждого человека, а допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более  $10^{-6}$  воздействия опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека» [16].

«Объекты, пожары на которых могут привести к массовому поражению людей, находящихся на этих объектах и окружающей территории, опасными и вредными производственными факторами, а также опасными факторами пожара и их вторичными проявлениями, должны иметь системы пожарной безопасности, обеспечивающие минимально возможную вероятность возникновения пожара. Конкретные значения минимально возможной вероятности возникновения пожара определяются проектировщиками и технологами при паспортизации этих объектов в установленном порядке» [16].

«Перечень этих объектов разрабатывается соответствующими министерствами (ведомствами) в установленном порядке» [16].

«Объекты, отнесенные к соответствующим категориям по пожарной опасности согласно нормам технологического проектирования для определения категорий помещений и зданий по пожарной и взрывопожарной опасности, должны иметь экономически эффективные системы пожарной безопасности» [16].

«Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные ценности, являются:

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;

- дым;
- пониженная концентрация кислорода» [16].

«К вторичным проявлениям опасных факторов пожара, воздействующим на людей и материальные ценности, относятся:

- осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, установок, конструкций;
- радиоактивные и токсичные вещества и материалы, вышедшие из разрушенных аппаратов и установок;
- электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов, агрегатов;
- опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара;
- огнетушащие вещества» [16].

«Классификация объектов по пожарной и взрывопожарной опасности должна производиться с учетом допустимого уровня их пожарной опасности (требуемого уровня обеспечения пожарной безопасности), а расчеты критериев и показателей ее оценки, в том числе вероятности пожара (взрыва), – с учетом массы горючих и трудно-горючих веществ и материалов, находящихся на объекте, взрывопожароопасных зон, образующихся в аварийных ситуациях, и возможного ущерба для людей и материальных ценностей» [16].

«Вероятность возникновения пожара от электрического или другого единичного технологического изделия или оборудования при их разработке и изготовлении не должна превышать значения  $10^{-6}$  год. Значение величины допустимой вероятности пожара при применении изделий на объектах должно устанавливаться расчетом» [16].

«Методики, содержащиеся в стандартах и других нормативно-технических документах и предназначенные для определения показателей пожарной опасности строительных конструкций, их облицовок и отделок, веществ, материалов и изделий (в том числе незавершенного производства)

должны адекватно отражать реальные условия пожара» [16].

«Перечень и требования к эффективности элементов конкретных систем пожарной безопасности должны устанавливаться нормативными и нормативно-техническими документами на соответствующие виды объектов» [16].

«Эффективность затрат на обеспечение пожарной безопасности народнохозяйственных объектов является обязательным условием при технико-экономическом обосновании мероприятий, направленных на повышение пожарной безопасности. Расчеты экономического эффекта могут использоваться при определении цен на научно-техническую продукцию противопожарного назначения, а также для обоснования выбора мероприятий по обеспечению пожарной безопасности при формировании планов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, экономического и социального развития объектов» [16].

«Эффективность затрат на обеспечение пожарной безопасности определяется как социальными (оценивает соответствие фактического положения установленному социальному нормативу), так и экономическими (оценивает достигаемый экономический результат) показателями» [16].

«Экономический эффект отражает собой превышение стоимостных оценок конечных результатов над совокупными затратами ресурсов (трудовых, материальных, капитальных) за расчетный период. Конечным результатом создания и использования мероприятий по обеспечению пожарной безопасности является значение предотвращенных потерь, которые рассчитывают исходя из вероятности возникновения пожара и возможных экономических потерь от него до и после реализации мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на объекте. Численное значение затрат на мероприятия по обеспечению пожарной безопасности определяется на основе бухгалтерской отчетности объекта защиты» [16].

«Затраты на обеспечение пожарной безопасности следует считать эффективными с социальной точки зрения, если они обеспечивают

выполнение норматива по исключению воздействия на людей опасных факторов пожара» [16].

«Экономический эффект определяется по всему циклу реализации мероприятия по обеспечению пожарной безопасности за расчетный период времени, включающий в себя время проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, освоение и производство элементов систем и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, а также время использования результатов осуществления мероприятия на охраняемом объекте» [16].

«За начальный год расчетного периода принимается год начала финансирования работ по осуществлению мероприятия. Началом расчетного периода, как правило, считается первый год выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Конечный год расчетного периода определяется моментом завершения использования результатов осуществления мероприятия. Конечный год использования результатов мероприятия по обеспечению пожарной безопасности определяется разработчиком и согласовывается с основным заказчиком (потребителем). При его установлении целесообразно руководствоваться:

- плановыми сроками замены элементов систем и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности;
- сроками службы элементов и систем по обеспечению пожарной безопасности (с учетом морального старения), указанными в документации на них (ГОСТ, ОСТ, ТУ, паспорт);
- экспертной оценкой при отсутствии нормативов» [16].

«В число возможных вариантов реализации мероприятия по обеспечению пожарной безопасности объекта на этапе технико-экономического обоснования отбираются те, которые отвечают ограничениям технического и социального характера. В число рассматриваемых вариантов включаются наилучшие, технико-экономические показатели которых превосходят или соответствуют лучшим мировым и

отечественным достижениям. При этом должны учитываться возможности закупки техники за рубежом, организации собственного производства на основе приобретения лицензий, организации совместного производства с зарубежными партнерами. Лучшим признается вариант мероприятия по обеспечению пожарной безопасности, который имеет наибольшее значение экономического эффекта либо при условии тождества предотвращаемых потерь – затраты на его достижение минимальны» [16].

«Если целью осуществления мероприятия по обеспечению пожарной безопасности является не непосредственное предотвращение пожара, а обеспечение, достоверной информации об основных характеристиках и параметрах уровня обеспечения пожарной безопасности, контроля за соблюдением правил пожарной безопасности, в случае невозможности определения влияния данного мероприятия на стоимостную оценку предотвращенных потерь, то при сравнении альтернативных вариантов по обеспечению пожарной безопасности лучшим принимается тот, затраты на достижение которого минимальны» [16].

С развитием инноваций, основанных на предупреждении и реагировании на пожары, исследователи и проектировщики осознали, что их внедрение может предложить эффективные решения для улучшения пожарной безопасности в производственном секторе. Улучшение системы обеспечения пожарной безопасности является социальной процедурой, и применение экономического обоснования влияет на этот процесс.

«Отсюда можно сделать вывод, что оценка комплекса мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта капитального строительства в организационно-техническом плане, разрабатываемого в рамках проектной документации, должна основываться на количественной оценке, полученной с использованием математического аппарата» [16].

Индикаторы процесса – это индикаторы, которые оценивают управление осуществляемой деятельностью по обеспечению пожарной безопасности и эффективность по мере ее реализации. Они, как правило,

носят более активный характер и, как правило, ощутимы, что приводит к количественным измерениям, таким как подсчет записей или событий ложного срабатывания или отказов противопожарных систем. Они позволяют увидеть тенденции и внести исправления до того, как произойдет пожар.

Одним из перспективных, но недостаточно изученных методов повышения устойчивости производственных объектов к воздействию опасных факторов пожара является обеспечение качества разработки проекта путем разработки системы осуществления пожарной экспертизы проектной документации.

Решение задач по повышению качества системы проведения экспертизы проектной документации для достижения требуемых стандартов противопожарной защиты объектов нефтяной промышленности приводит к новым проблемам в методах оценки эффективности проектных решений [6].

Таким образом, система обеспечения пожарной безопасности предполагает использование новейших технологий безопасности и эффективных подходов к управлению, которые действуют в неразрывной связи. Выбор технологий, подходящих для конкретного предприятия, невозможен без принятия взвешенных управленческих решений, детального анализа и планирования. Кроме того, использование даже самых передовых технологий не принесет ожидаемого результата без правильного управления противопожарным режимом объекта, внедрения программ обучения и мотивации к участию в обеспечении собственной безопасности и безопасности окружающих. Прежде всего, обеспечение высокого уровня пожарной безопасности базируется на корпоративной социальной ответственности и культуре безопасности, которые должны учитываться как руководством, так и каждым работником.

Необходимы дальнейшие исследования изучения стандартов совместимости для обмена данными между различным программным обеспечением инновационных систем обеспечения пожарной безопасности, а

также экономической целесообразности и долгосрочного анализа затрат и выгод от внедрения этих систем.

Также проанализирована техническая эффективность применения предлагаемых инновационных автоматических установок пожаротушения на исследуемом объекте.

Разработанная система газопорошковых модулей SMAG-35 способна обнаруживать и тушить пожары трансформатора тока ТРГ-110-УХЛ1. Это решение отличается простотой и низкой себестоимостью. Разработанный прототип газопорошковых модулей SMAG-35 с диаметром сопла подачи порошка 8 мм и давлением газа 0,3 МПа прошел техническую оценку фокус-группы с участием девяти экспертов для оценки его эффективности в тушении пожаров на исследуемом объекте.

Наконец, предложенная система пожаротушения была оценена и подтверждена экспертной оценкой. В него вошли девять экспертов из специалистов ФГБУ «8 отряд ФПС ГПС по Самарской области «договорной». Этот шаг помог определить техническую эффективность, соответствие требованиям, ограничения и препятствия на пути внедрения предлагаемой системы.

После демонстрации прототипа мы инициировали и модерировали дискуссию о технической эффективности, чтобы получить отзывы экспертов. Первоначально экспертам был задан вопрос о преимуществах и эффективности, препятствиях на пути внедрения и будущих улучшениях предлагаемой системы.

Ответы экспертов были записаны в анкете, которую им предоставили перед оценочной сессией. Эти опросные анкеты преследовали две основные цели.

Во-первых, оценить, обеспечивает ли предлагаемый прототип новый и осуществимый подход к решению проблем пожаротушения на площадках размещения трансформаторов тока.

Во-вторых, проанализировать эффективность, ограничения и барьеры

на пути его реализации и способы преодоления этих барьеров.

Были проведены консультации по исследованию управления системой пожарной безопасности на аналогичных объектах, чтобы показать ключевые проблемы в управлении безопасностью для предотвращения пожаров.

### **3.2 Анализ и оценка эффективности внедрения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях**

Характерной чертой стратегического режима управления пожарной безопасностью является, прежде всего, обновление познания. При приверженности и поддержке руководства принимается позитивное отношение, и учитываются как экономические интересы, так и управленческие обязанности руководства предприятием.

Примечательно, что одним из ключевых показателей для оценки успешности проекта внедрения инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях является экономическая выгода, которую он приносит самому предприятию.

Целью программы внедрения инновационных автоматических установок пожаротушения является предотвращение и тушение пожаров. Оценка эффективности программы проводится для того, чтобы определить, достигает ли программа этой цели.

Варианты расчёта ожидаемых прямых и вторичных потерь от пожаров предприятия:

- 1 вариант – на трансформаторах тока ТРГ-110-УХЛ1 здания трансформаторной подстанции не установлены системы автоматического тушения пожара;
- 2 вариант – на трансформаторах тока ТРГ-110-УХЛ1 здания трансформаторной подстанции установлены системы автоматического тушения пожара при помощи газопорошковых

модулей SMAG-35.

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Единицы измерения	Условные обозначения	1 вариант	2 вариант
«Площадь объекта» [22]	м <sup>2</sup>	F	4484	
«Стоимость повреждённого технологического оборудования и оборотных фондов» [22]	руб./м <sup>2</sup>	C <sub>т</sub>	30000	30000
Стоимость повреждённых частей здания	руб/м <sup>2</sup>	C <sub>к</sub>	30000	
«Площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения» [22]	м <sup>2</sup>	F'' <sub>пож</sub>	4484	
«Площадь пожара при тушении средствами автоматического пожаротушения» [22]	м <sup>2</sup>	F* <sub>пож</sub>	-	2
«Вероятность возникновения пожара» [22]	1/м <sup>2</sup> в год	J	5·10 <sup>-5</sup>	
«Площадь пожара на время тушения первичными средствами» [22]	м <sup>2</sup>	F <sub>пож</sub>	4	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [22]	-	p <sub>1</sub>	0,79	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами» [22]	-	p <sub>2</sub>	0,95	
«Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения» [22]	-	p <sub>3</sub>	0,86	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [22]	-	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [22]	-	к	1,63	
«Линейная скорость распространения горения по поверхности» [22]	м/мин	V <sub>л</sub>	1,5	
«Время свободного горения» [22]	мин	V <sub>свг</sub>	12	
«Норма текущего ремонта» [22]	%	H <sub>т.р.</sub>	-	5
«Норма амортизационных отчислений» [22]	%	H <sub>а</sub>	-	10
Заработная плата 1 работника	руб/мес	ЗПЛ	0	36000
«Период реализации мероприятия» [22]	лет	T	10	

Стоимость монтажа на трансформаторах тока ТРГ-110-УХЛ1 здания трансформаторной подстанции системы автоматического тушения пожара при помощи газопорошковых модулей SMAG-35 представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Стоимость монтажа газопорошковых модулей SMAG-35

Виды работ	Стоимость, руб.
Проектирование системы пожаротушения газопорошковыми модулями SMAG-35 трансформаторов тока ТРГ-110-УХЛ1	200000
Монтаж системы пожаротушения газопорошковыми модулями SMAG-35 трансформаторов тока ТРГ-110-УХЛ1	1200000
Итого:	1400000

Рассчитаем площадь пожара при тушении привозными средствами по формуле 1:

$$F'_{пож} = \pi \times (v_l \cdot B_{свг})^2, \text{ м}^2, \quad (1)$$

«где  $v_l$  – линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин;

$B_{свг}$  – время свободного горения, мин.» [22].

$$F'_{пож} = 3,14 \cdot (1 \cdot 12)^2 = 452 \text{ м}^2$$

Так как площадь объекта меньше площади пожара, то площадь пожара при тушении привозными средствами будет равна общей площади здания.

Произведём расчёт ожидаемых потерь от пожаров по формулам 2-6.

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) + M(\Pi_4), \quad (2)$$

«где  $M(\Pi_1)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения;

$M(\Pi_2)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров,

ликвидированных подразделениями пожарной охраны;

$M(\Pi_3)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [22]:

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F_{\text{пож}}^* \cdot (1+k) \cdot p_1; \quad (3)$$

«где  $J$  – вероятность возникновения пожара,  $1/\text{м}^2$  в год;

$F$  – площадь объекта,  $\text{м}^2$ ;

$C_T$  – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./ $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{пож}}$  – площадь пожара на время тушения первичными средствами;

$p_1$  – вероятность тушения пожара первичными средствами;

$k$  – коэффициент, учитывающий косвенные потери» [22].

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_k) \cdot 0.52 \cdot (1+k) \times \\ \times [1 - p_1 - (1 - p_1) \times p_3] \cdot p_2 \quad (4)$$

«где  $p_2$  – вероятность тушения пожара привозными средствами;

$C_k$  – стоимость поврежденных частей здания, руб./ $\text{м}^2$ ;

$F'_{\text{пож}}$  – площадь пожара за время тушения привозными средствами» [22].

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1+k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_2] \quad (5)$$

где  $F''_{\text{пож}}$  – площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения,  $\text{м}^2$ .

$$M(\Pi_4) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1+k) \cdot \{1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3 - [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\} \quad (6)$$

Для первого варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \times 10^{-5} \times 4484 \times 30000 \times 4 \times (1+1,63) \times 0,79 = 55898,44 \text{ руб./год};$$

$$M(\Pi_2) = 5 \times 10^{-5} \times 4484 \times (30000 \times 452 + 30000) \times 0,52 \times (1 + 1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,95 = \\ = 831298,62 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_3) = 5 \times 10^{-5} \times 4484 \times (30000 \times 4484 + 30000) \times (1 + 1,63) \times [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,95] = \\ = 2380106,08 \text{ руб./год.}$$

Для второго варианта:

$$M(\Pi_1) = 5 \times 10^{-5} \times 4484 \times 30000 \times 4 \times (1 + 1,63) \times 0,79 = 55898,44 \text{ руб./год;}$$

$$M(\Pi_2) = 5 \times 10^{-5} \times 4484 \times 30000 \times 2 \times (1 + 1,63) \times (1 - 0,79) \times 0,86 = \\ = 6389,40 \text{ руб./год;}$$

$$M(\Pi_3) = 5 \times 10^{-5} \times 4484 \times (30000 \times 452 + 30000) \times (1 + 1,63) \times [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86] \times \\ \times 0,95 = 228378,74 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_4) = 5 \times 10^{-5} \times 4484 \times (30000 \times 4484 + 30000) \times (1 + 1,63) \times \\ \times \{1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86 - [1 - 0,79 - (1 - 0,79) \times 0,86] \times 0,95\} = 134872,68 \text{ руб./год.}$$

Общие ожидаемые потери объекта от пожаров составят:

- если на трансформаторах тока ТРГ-110-УХЛ1 здания трансформаторной подстанции не установлены системы автоматического тушения пожара:

$$M(\Pi)_1 = 92516,66 + 2148847,20 + 3622202,77 = 5863566,63 \text{ руб./год;}$$

- если на трансформаторах тока ТРГ-110-УХЛ1 здания трансформаторной подстанции установлены системы автоматического тушения пожара при помощи газопорошковых модулей SMAG-35:

$$M(\Pi)_2 = 92516,66 + 52875,03 + 590342,64 + 205258,16 = 940992,49 \text{ руб./год.}$$

Рассчитаем эксплуатационные расходы на содержание системы пожаротушения газопорошковыми модулями SMAG-35 трансформаторов тока ТРГ-110-УХЛ1 по формуле 7:

$$P = A + C \quad (7)$$

где  $A$  – «затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения, руб./год;

$C$  – текущие затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт), руб./год» [22].

$$P = 140000 + 502000 = 642000 \text{ руб.}$$

Текущие затраты рассчитаем по формуле 8:

$$C_2 = C_{m.p.} + C_{c.o.n.} \quad (8)$$

где « $C_{т.р.}$  – затраты на текущий ремонт;

$C_{c.o.n.}$  – затраты на оплату труда обслуживающего персонала» [22].

$$C_2 = 70000 + 432000 = 502000 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт рассчитывается по формуле 9:

$$C_{m.p.} = \frac{K_2 \cdot H_{m.p.}}{100\%} \quad (9)$$

«где  $K_2$  – капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

$H_{т.р.}$  – норма текущего ремонта, %» [22].

$$C_{т.р.} = \frac{1400000 \cdot 5}{100\%} = 70000 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату труда обслуживающего персонала рассчитывается по формуле 10:

$$C_{с.о.п.} = 12 \times Ч \times ЗПЛ \quad (10)$$

«где Ч – численность работников обслуживающего персонала, чел.;

ЗПЛ – заработная плата 1 работника, руб./месс» [22].

$$C_{с.о.п.} = 12 \times 1 \times 36000 = 432000 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения рассчитываются по формуле 11:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100\%} \quad (11)$$

«где  $K_2$  – капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

$H_a$  – норма амортизации, %» [22].

$$A = \frac{1400000 \cdot 10}{100\%} = 140000 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от монтажа системы пожаротушения газопорошковыми модулями SMAG-35 трансформаторов тока ТРГ-110-УХЛ1 рассчитаем по формуле 12:

$$И = \sum_{t=0}^T ([M(\Pi_1) - M(\Pi_2)] - [P_2 - P_1]) \times \frac{1}{(1+HД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (12)$$

«где Т – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода);

t – год осуществления затрат;

НД – постоянная норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

$M(\Pi_1)$ ,  $M(\Pi_2)$  – расчетные годовые материальные потери в базовом и планируемом вариантах, руб./год;

$K_1$ ,  $K_2$  – капитальные вложения на осуществление противопожарных мероприятий в базовом и планируемом вариантах, руб.;

$P_1$ ,  $P_2$  – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в t-м году, руб./год» [22].

Расчёт денежных потоков от монтажа системы пожаротушения газопорошковыми модулями SMAG-35 трансформаторов тока ТРГ-110-УХЛ1 представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Расчёт денежных потоков

Год осуществления проекта	$M(\Pi_1) - M(\Pi_2)$	$P_2 - P_1$	$1 / (1 + \text{НД})^t$	$[M(\Pi_1) - M(\Pi_2) - (C_2 - C_1)] * 1 / (1 + \text{НД})^t$	$K_2 - K_1$	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта)
1	2841763,88	642000	0,91	2001785,13	1400000	601785,13
2	2841763,88	642000	0,83	1825804,02	-	1825804,02
3	2841763,88	642000	0,75	1649822,91	-	1649822,91
4	2841763,88	642000	0,68	1495839,41	-	1495839,41
5	2841763,88	642000	0,62	1363853,61	-	1363853,61
6	2841763,88	642000	0,56	1231867,77	-	1231867,77
7	2841763,88	642000	0,51	1121879,58	-	1121879,58
8	2841763,88	642000	0,47	1033889,02	-	1033889,02
9	2841763,88	642000	0,42	923900,83	-	923900,83
10	2841763,88	642000	0,39	857907,91	-	857907,91

Экономическая эффективность монтажа системы пожаротушения газопорошковыми модулями SMAG-35 трансформаторов тока ТРГ-110-УХЛ1 за десять лет составит 12106550,22 рублей.

Предотвращение экономических потерь в очередной раз выдвинуло на

первый план важность системы автоматического пожаротушения в системе обеспечения пожарной безопасности на крупных промышленных предприятиях. Таким образом, разработанная система газопорошковых модулей SMAG-35 с диаметром сопла подачи порошка 8 мм и давлением газа 0,3 МПа в технике противопожарной защиты представляет собой новый тип системы пожаротушения. Благодаря этому можно эффективно осуществлять предотвращение и мониторинг пожара, тем самым сводя к минимуму потери, вызванные пожаром.

Вывод по разделу.

В этом разделе рассмотрены основные проблемы, возникающие при внедрении инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях, включая проблемы соответствия, технологические и эксплуатационные барьеры, организационные проблемы, а также экономические соображения.

Экономические соображения играют ключевую роль в принятии решений относительно инвестиций и приоритетов в установку инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях.

Финансовые последствия включают расходы, связанные с модернизацией оборудования, программами обучения, потенциальными штрафами за несоблюдение обязательных требований в области обеспечения пожарной безопасности.

Баланс между экономической эффективностью и обязательствами может представлять значительные трудности для предприятий, особенно в конкурентных отраслях с узкой нормой прибыли.

Кроме того, экономические спады или колебания рыночных условий могут заставить компании отдать приоритет мерам по сокращению расходов над инвестициями в систему пожарной безопасности. Это напряжение подчеркивает необходимость нормативных стимулов, отраслевых стандартов и государственной политики, которые способствуют устойчивым методам

развития производственных предприятий, обеспечивая при этом эффективную защиту здоровья, безопасности и окружающей среды.

Оценка экономической эффективности продемонстрировала, что новая система газопорошковых модулей SMAG-35 с диаметром сопла подачи порошка 8 мм и давлением газа 0,3 МПа достижима и может обеспечить явные общественные, экономические и эксплуатационные выгоды. Экономическая эффективность монтажа системы пожаротушения газопорошковыми модулями SMAG-35 трансформаторов тока ТРГ-110-УХЛ1 за десять лет составит 12106550,22 рублей.

Возможности газопорошковых модулей SMAG можно еще больше расширить за счет предлагаемых усовершенствований, что сделает его бесценным активом для удовлетворения потребностей в системе обеспечения пожарной безопасности.

Предлагаемая система будет способствовать эффективному управлению безопасностью на крупных промышленных предприятиях.

## Заключение

В первом разделе определено, что в случае пожара интегрированные процессы и системы, состоящие из новейших систем обнаружения тепла и автоматического пожаротушения, необходимы для обеспечения того, чтобы пожар был потушен до того, как потребуется профессиональная реакция.

Благодаря автоматическим системам обнаружения и пожаротушения подход к тушению пожара может быть адаптирован к объекту, товарам, подлежащим тушению, и угрозе, которую пожар может представлять для окружающей среды. Первым шагом и важной частью процесса является определение наилучшего подхода к тушению пожара с проведением анализа помещений для оценки наилучшего расположения извещателей и пожарных мониторов. Оптимальное размещение этих устройств сводит к минимуму количество и стоимость системы.

Передовые, самые современные системы обнаружения пожарной опасности и автоматического тушения обеспечивают большой потенциал для уменьшения ущерба и потери имущества. Хотя первоначальные инвестиционные затраты выше, чем при использовании традиционных методов, сосредоточив внимание на раннем обнаружении и интеллектуальном, точном тушении, а не на длительном тушении пожаров, владельцы и операторы установок могут снизить повторяющиеся затраты, сократить время простоя установок и оптимизировать общую стоимость эксплуатации.

Системы Salgromatic могут использовать все известные технологии обнаружения пожара и могут быть оборудованы для работы с интеллектуальными:

- детекторами дыма, тепла и их комбинациями;
- линейными и лазерными датчиками нагрева;
- механическими датчиками;
- а также со специальными детекторами, такими как аспирационные

системы обнаружения дыма, линейные детекторы теплового обнаружения, детекторы пламени, искры;

- и любыми высокотехнологичными детекторами, предназначенными для защиты от особого риска в сложных помещениях.

Во втором разделе определено, что в нормативных документах явно не требуются системы пожаротушения на всех трансформаторах, скорее, это требуется для достижения целей проектирования эффективной системы пожарной защиты. Проблемами же применения инновационных автоматических установок пожаротушения на объектах является отсутствие опыта эксплуатации данных инновационных технических средств автоматического пожаротушения, то есть отсутствие статистики их надёжности. Также проблемами применения инновационных автоматических установок пожаротушения на объектах является их относительно высокая стоимость по сравнению с традиционными системами автоматического пожаротушения.

Для тушения пожаров были разработаны и использовались автоматические устройства аэрозольного пожаротушения на основе отслеживания инфракрасного излучения от очага пожара.

Учитывая макроскопические эффекты давления нагнетания, диаметра трубы огнетушащего порошка, конфигурации сопла и коэффициента загрузки, исследователями была создана экспериментальная платформа для впрыска огнетушащего порошка, и были проведены эксперименты по впрыску порошка на основе различных влияющих факторов. Когда давление нагнетания увеличивалось с 0,3 МПа до 0,9 МПа, эффективная площадь пожаротушения уменьшалась на 1683 см<sup>2</sup>. Когда диаметр трубы составлял 8 мм, эффективная площадь пожаротушения была наибольшей. Когда диаметр трубы составлял 10 мм, эффективная площадь пожаротушения была наименьшей, с разницей в 2057 см<sup>2</sup> между ними. Когда сопло было трехотверстийного типа, эффективная площадь пожаротушения была наименьшей. Когда используется суженное сопло, эффективная площадь

пожаротушения была наибольшей, с разницей в 7480 см<sup>2</sup> между ними. При коэффициенте загрузки порошка 1 эффективная площадь тушения пожара была наибольшей, что на 6171 см<sup>2</sup> отличалось от случая, когда коэффициент загрузки огнетушащего порошка составлял 0,625.

Мы выбрали оптимальную комбинацию параметров, рассмотрев разработанную исследователями ортогональную экспериментальную таблицу. Было установлено, что оптимальное давление подачи азота составило 0,3 МПа, диаметр трубы для огнетушащего порошка составил 8 мм, используется суженное сопло, а коэффициент загрузки порошка составил 1 – это оптимальная комбинация параметров, которая дает теоретическую основу для систем аэрозольного порошкового тушения пожаров с управлением давлением.

На исследуемой электроподстанции для тушения одного трансформатора тока ТРГ-110-УХЛ1 предложено разместить 29 газопорошковых модулей SMAG-35 с диаметром сопла подачи порошка 8 мм и давлением газа 0,3 МПа.

В третьем разделе рассмотрены основные проблемы, возникающие при внедрении инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях, включая проблемы соответствия, технологические и эксплуатационные барьеры, организационные проблемы, а также экономические соображения.

Экономические соображения играют ключевую роль в принятии решений относительно инвестиций и приоритетов в установку инновационных автоматических установок пожаротушения на крупных промышленных предприятиях.

Финансовые последствия включают расходы, связанные с модернизацией оборудования, программами обучения, потенциальными штрафами за несоблюдение обязательных требований в области обеспечения пожарной безопасности.

Баланс между экономической эффективностью и обязательствами

может представлять значительные трудности для предприятий, особенно в конкурентных отраслях с узкой нормой прибыли.

Кроме того, экономические спады или колебания рыночных условий могут заставить компании отдать приоритет мерам по сокращению расходов над инвестициями в систему пожарной безопасности. Это напряжение подчеркивает необходимость нормативных стимулов, отраслевых стандартов и государственной политики, которые способствуют устойчивым методам развития производственных предприятий, обеспечивая при этом эффективную защиту здоровья, безопасности и окружающей среды.

Оценка экономической эффективности продемонстрировала, что новая система газопорошковых модулей SMAG-35 с диаметром сопла подачи порошка 8 мм и давлением газа 0,3 МПа достижима и может обеспечить явные общественные, экономические и эксплуатационные выгоды. Экономическая эффективность монтажа системы пожаротушения газопорошковыми модулями SMAG-35 трансформаторов тока ТРГ-110-УХЛ1 за десять лет составит 12106550,22 рублей.

Возможности газопорошковых модулей SMAG можно еще больше расширить за счет предлагаемых усовершенствований, что сделает его бесценным активом для удовлетворения потребностей в системе обеспечения пожарной безопасности.

Предлагаемая система будет способствовать эффективному управлению безопасностью на крупных промышленных предприятиях.

## Список используемых источников

1. Вогман Л. П. Основные подходы к оценке уровня пожарной опасности производственных объектов // Пожаровзрывобезопасность. 2004. №2. С. 23-30. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-podhody-k-otsenke-urovnya-pozharnoy-opasnosti-proizvodstvennyh-obektov> (дата обращения: 21.09.2024).
2. Волкова С.Н., Маркова Л.Ю. Газовое пожаротушение как один из видов систем противопожарной защиты // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. №9. С. 121-123. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gazovoe-pozharotushenie-kak-odin-iz-vidov-sistem-protivopozharnoy-zaschity> (дата обращения: 07.01.2024).
3. Гришин В. В. Некоторые особенности проектирования автоматических установок газового пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. 2004. №6. С. 37-39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-osobennosti-proektirovaniya-avtomaticheskikh-ustanovok-gazovogo-pozharotusheniya> (дата обращения: 07.01.2024).
4. Дробушко А.Г., Сафонова Н.Л. Положительный опыт применения автоматического пожаротушения на основе Novac 1230 в России // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. №1 (7). С. 4-6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/polozhitelnyy-opyt-primeneniya-avtomaticheskogo-pozharotusheniya-na-osnove-novac-1230-v-rossii> (дата обращения: 07.01.2024).
5. Киздермишов А. А., Киздермишова С. Х. Проблемы применения автоматических систем (установок) газового пожаротушения // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2019. №1 (236). С. 11-115. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-primeneniya-avtomaticheskikh-sistem->

ustanovok-gazovogo-pozharotusheniya (дата обращения: 07.01.2024).

6. Королев Д. С., Калач А. В., Зенин А. Ю. Важность принятия решений при обеспечении пожарной безопасности // Современные проблемы гражданской защиты. 2015. №2 (15). С. 42-46. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vazhnost-prinyatiya-resheniy-pri-obespechenii-pozharouy-bezopasnosti> (дата обращения: 21.09.2024).

7. Котова М.Ю. Система газового пожаротушения Novac 1230 // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2011. №1 (2). С. 36-37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-gazovogo-pozharotusheniya-novac-1230> (дата обращения: 07.01.2024).

8. Максимов М.С., Фархутдинов Р.Г. Актуальность использования современных датчиков в системе автоматического пожаротушения // Вестник магистратуры. 2015. №8 (47). С. 33-35. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-ispolzovaniya-sovremennyh-datchikov-v-sisteme-avtomaticheskogo-pozharotusheniya> (дата обращения: 07.01.2024).

9. Меркулов А. В., Меркулов В. А. Выбор и расчет системы газового пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. 2003. №1. С. 81-86. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-i-raschet-sistemy-gazovogo-pozharotusheniya> (дата обращения: 07.01.2024).

10. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ (ред. От 11.06.2021). URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_5438](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438) (дата обращения: 07.01.2024).

11. Об утверждении Перечня документов в области стандартизации, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 22.07.2008а № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс] : Приказ Росстандарта от 13.02.2023 № 318. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1300818909?marker=6540IN> (дата обращения:

21.05.2024).

12. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 12.3.047-2012. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200103505> (дата обращения: 07.01.2024).

13. Пособие к СНиПу 21-01-97 [Электронный ресурс] : МДС 21-3.2001. URL: [http://pozhproekt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3\\_2001.htm](http://pozhproekt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3_2001.htm) (дата обращения: 08.09.2024).

14. Рева Ю.В., Герасимова Т.Н. Современные системы пожарной безопасности торгово-развлекательных центров // XXI век. Техносферная безопасность. 2021. №3 (23). С. 303-308. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sistemy-pozharnoy-bezopasnosti-torgovo-razvlekatelnyh-tsentrov> (дата обращения: 07.01.2024).

15. Свод правил определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]: СП 12.13130.2009 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 07.01.2024).

16. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.1.004-91. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3254/?ysclid=lga9r9fn5z366382597> (дата обращения: 12.09.2024).

17. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара [Электронный ресурс] : СП 4.13130.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 07.01.2024).

18. Соколов В. П. Управление автоматическими установками газового пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. 2004. №1. С. 69-72. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-avtomaticheskimi-ustanovkami-gazovogo-pozharotusheniya> (дата обращения: 07.01.2024).

19. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ (ред. от. 02.07.2013). URL:

[http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_95720](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720) (дата обращения: 07.01.2024).

20. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 07.01.2024).

21. Троценко Е.В. Автоматические системы пожаротушения // Научный журнал молодых ученых. 2020. №1 (18). С. 65-69. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomaticheskie-sistemy-pozharotusheniya> (дата обращения: 07.01.2024).

22. Фрезе Т. Ю. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности. Выполнение раздела выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» : электронное учебно-методическое пособие / Т.Ю. Фрезе. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2022. 1 оптический диск. ISBN 978-5-8259-1456-5 (дата обращения: 17.09.2024).

23. Ahmad I., Qayyum A., Gupta B. B., Alassafi M. O., AlGhamdi R. A. Ensemble of 2D Residual Neural Networks Integrated with Atrous Spatial Pyramid Pooling Module // Mathematics. 2022. №10(4). P. 627.

24. Aydin B., Selvi E., Tao J., Starek M. J. Use of Fire-Extinguishing Balls for a Conceptual System of Drone-Assisted Wildfire Fighting // Drones. 2019 V. №3(1). P. 17–21.

25. Chen X. J., Dong F. A fire detecting method for video-based fire detector // Advanced Materials Research. 2014. V. 5. P. 537–540.

26. Dwyer M. M., Sreedhar A. inventors. Fire extinguishing device // United States patent US 10, 226,655. 2019 Mar 12.

27. Fire Grenades: History and collectability. Antique Trader. 2020 [Electronic resource]. URL: <https://www.antiquetrader.com/glass/fire-grenades-history-and-collectability> (дата обращения: 21.11.2023).

28. Guo T. N, Fu Z. M. The fire situation and progress in fire safety science and technology in China // *Fire Safety Journal*. 2021, V. 42(3). P. 171–182.
29. Ingh R., Singh S. K., Kumar S., Gill S. S. SDN-Aided Edge Computing-Enabled AI for IoT and Smart Cities. In *SDN-Supported Edge-Cloud Interplay for Next Generation Internet of Things* // Chapman and Hall/CRC. V. 1. 2022. P. 41–70.
30. Mishra A., Hsu, C. H., Arya, V., Chaurasia P., Li P. A. Hybrid Approach for Protection Against Rumours in a IoT Enabled Smart City Environment. In *International Conference on Cyber Security. Privacy and Networking* // Cham: Springer International Publishing. 2022. P. 101–109.
31. Security Koorsen. Cartridge-Operated vs. Stored Pressure Fire Extinguishers. *Blog.koorsen.com*. 2020 [Electronic resource]. URL: <https://blog.koorsen.com/cartridge-operated-vs.-stored-pressure-fire-extinguishers> (дата обращения: 21.11.2023).
32. Yu C. Y., Fang J., Wang J. J., Zhang Y. M. Video fire smoke detection using motion and color features // *Fire Technology*. 2020. V. 46. P. 651–663.
33. Zhong M. H., Fan W. C., Liu T. M., Zhang P. H., Wei X., Liao G. X. China: some key technologies and the future developments of fire safety science // *Safety Science*. 2021. V. 42(7). P. 627–637.