

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 / специальности)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему **Разработка и внедрение современных образцов
многофункциональных робототехнических комплексов
пожаротушения в целях повышения эффективности тушения пожаров
и проведения аварийно-спасательных работ**

Обучающийся

Шуклин Д.Ю.

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный

к.т.н., доцент А.Б. Стешенко

руководитель

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

Консультант

к.э.н., доцент Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2024

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	9
Перечень сокращений и обозначений	10
1 Особенности тушения пожаров.....	11
1.1 Анализ пожаров и их последствий.....	11
1.2 Возможность применения мобильной робототехники при тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций.....	19
2 Современные образцы многофункциональных комплексов пожаротушения	25
2.1 Установки пожаротушения и пожарной сигнализации.....	26
2.2 Робототехнические комплексы пожаротушения.....	41
3 Оценка эффективности внедрения многофункциональных робототехнических комплексов пожаротушения.....	54
3.1 Сравнительный анализ применения водяных стволов и пожарных роботов.....	54
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации.....	62
Заключение.....	66
Список используемых источников.....	70

Введение

С каждым годом технологии становятся всё более интегрированными и вносят свои инновации в различные сферы человеческой деятельности, и сфера пожаротушения не является исключением. Робототехнические средства, благодаря своей способности работать в условиях высокой температуры и токсичной среды, становятся незаменимыми помощниками в борьбе с огнём. Использование роботов позволяет не только повысить эффективность тушения пожаров, но и значительно снизить риски для жизни и здоровья пожарных.

Применение робототехнических средств в пожаротушении позволяет достигать важнейшей цели - минимизации человеческих и материальных потерь. Кроме того, использование роботов в сложных и опасных условиях позволяет избежать человеческих жертв и травм, что и входит в основные обязанности сотрудников МЧС.

Робототехнический комплекс представляет собой совокупность программно-алгоритмических и аппаратных решений, запрограммированное на определенные действия, в зависимости от ситуации, будь это пожар, взрывное устройство, разбор завалов и т.д., которые имеют способности выполнять множественные задачи, с минимальными потерями времени, без участия человека, обеспечивая автоматизированное выполнение задач, поставленных для решения тактических задач в области тушения пожаров.

Таким образом, робототехническое средство, это материальный ресурс пожаротушения, который экономит не только время, но и человеческий ресурс бойца пожарной охраны, его жизнь, здоровье и обеспечивает безопасность здоровью окружающих.

Актуальность данной работы состоит в том, что разработкой, модификацией, обновлением программного обеспечения и модернизацией робототехнических комплексов занимаются, как зарубежные, так и отечественные инженеры для внедрения данных дистанционных технологий в

деятельность пожарных служб, а также создания условий для быстрого и эффективного тушения пожаров, которые ускорят процесс спасения людей и защитят личный состав от травм и летального исхода.

Новизна работы заключается в разработке предложений по внедрению робототехнических комплексов пожаротушения на вооружение пожарных частей и подразделений, а также повышение безопасности и эффективности работы подразделений пожарной охраны, благодаря манёвренным и высокотехнологичным комплексам, способным выполнять поставленные перед ними задачи, с минимальными потерями личного состава, сохранив жизнь и здоровье участников пожара, а также минимизировать материальный ущерб на промышленных объектах и объектах жизнеобеспечения людей, без привлечения сотрудников пожарной службы непосредственно в зоне распространения огня.

Объектом исследования являются современные образцы многофункциональных робототехнических комплексов пожаротушения для повышения эффективности тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ.

Предметом исследования является обеспечение пожарной безопасности объекта путём внедрения и последующего применения современных образцов многофункциональных робототехнических комплексов пожаротушения для повышения эффективности тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ.

Цель исследования: внедрение и обеспечение современными образцами многофункциональных робототехнических комплексов пожаротушения на промышленные и производственные объекты, а также объекты жизнедеятельности людей и подразделений пожарной охраны, в целях повышения эффективности тушения пожаров, для более точной и быстрой разведки пожара, минимизации ущерба, гибели людей и проведения аварийно-спасательных работ.

Гипотеза исследования состоит в том, что внедрение многофункциональных робототехнических комплексов пожаротушения на объекты, приведет к сокращению количества гибели и травм среди населения и пожарных, если:

- будут проанализированы статистические данные о количествах и местах пожарах на объектах и оснащение объектов средствами пожаротушения, в том числе и роботизированными комплексами;

- предложены конструктивные изменения в политики использования роботизированных комплексов на производствах и объектах жизнедеятельности людей с целью минимизации последствий пожаров и уменьшению предпосылок к чрезвычайным ситуациям, их дальнейшие предупреждения и анализ;

- внедрены новейшие методы защиты в роле робототехнических комплексов способных выполнять задачи в условиях, опасных для людей, таких как высокие температуры, токсичные газы и нестабильные конструкции, что позволит снизить риск для жизни и здоровья пожарных и спасателей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выполнить анализ основных средств и методов пожаротушения, используемых на объектах, таких как автоматические системы пожаротушения, мобильная техника и многофункциональное оборудование пожаротушения;

- выполнить анализ методов и средств спасения людей при пожарах, таких как проведение разведки и спасательных работ при помощи многофункциональных робототехнических комплексов пожаротушения;

- провести исследование существующих вариантов по совершенствованию и модификации технологий робототехнических комплексов для спасения людей при пожарах;

- выявить наиболее эффективную и перспективную для внедрения технологию пожаротушения и спасения людей;

– выполнить анализ и оценку эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Теоретико - методологическую основу исследования составили: нормативно-правовые акты, учебные пособия и методические указания.

Методы исследования:

– теоретический метод исследования – изучение нормативно-технической документации;

– эмпирические методы исследования – оценка и сравнение новых систем пожаротушения, а также анализ внедрения современных технологий пожаротушения.

Научная новизна исследования заключается в разработке предложений по внедрению многофункциональных робототехнических комплексов пожаротушения в современных условиях на объекты промышленности и жизнедеятельности людей, рассмотрения возможности повышения эффективности спасения людей при пожарах на данных объектах, а также разработка перспективного решения, для сокращения роста отрицательных показателей, связанных с чрезвычайными ситуациями и гибелью людей.

На основании вышеизложенного, целесообразно отметить, что многофункциональные робототехнические комплексы пожаротушения позволят улучшить пожарную безопасность данных объектов, а также повысят эффективность тушения пожаров без привлечения сотрудников пожарной службы непосредственно в зоне распространения огня.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

– расширении научного знания в области робототехники и пожарной безопасности, которое предоставляет новые данные и выводы о возможностях и преимуществах использования многофункциональных робототехнических комплексов для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ;

– разработки новых методов и подходов к тушению пожаров и проведению спасательных операций, которые могут быть использованы в научных и практических целях, что включает в себя разработку алгоритмов и

стратегий для автономного и удаленного управления роботизированным комплексами;

- разработки моделей и симуляций, которые могут быть использованы для прогнозирования и оценки эффективности робототехнических комплексов в различных условиях и ситуациях. Это позволяет оптимизировать их использование и повысить их надежность;

- оценке практической и экономической выгоды внедрения роботизированных комплексов на объекты.

Практическая значимость исследования заключается в:

- повышении безопасности и эффективности тушения пожаров, что снижает количество погибших и травмированных людей, а также уменьшает ущерб имуществу и окружающей среде;

- снижении рисков для пожарных и спасателей с внедрением робототехнических комплексов, которые выполняют свои задачи в условиях, опасных для людей;

- снижении ущерба имуществу и окружающей среде;

- оптимизации ресурсов и затрат на тушение пожаров и проведение спасательных операций, которые включают в себя снижение затрат на обучение и обслуживание персонала, а также на восстановление имущества;

- улучшении качества жизни и безопасности населения путем надежной защиты от пожаров и других чрезвычайных ситуаций.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- актуальными статистическими и практическими данными.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в достоверности и обоснованности результатов исследования, обеспечивающиеся актуальными статистическими и практическими данными действий подразделений 11 ПСО по тушению пожаров и проведению аварийно - спасательных работ в зоне чрезвычайных ситуаций, а также:

- непосредственном участии в получении исходных данных и научных исследованиях;
- обработке и интерпретации эмпирических данных, выполненных лично автором;
- личном участии в апробации результатов исследования;
- подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течении всего исследования. Основные положения опубликовывались в научном журнале «Актуальные научные исследования», статья «Исследование робототехнического комплекса пожаротушения с Bluetooth-подключением».

На защиту выносятся:

- внедрение современного образца многофункционального робототехнического комплекса пожаротушения «Ель – 4», в 11 пожарно-спасательный отряд ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Кемеровской области – Кузбассу, способного выполнять задачи по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ. Также данный комплекс включает в себя модули подачи воды, распыления, управления и хранения воды, что обеспечивает их высокую эффективность и надежность в экстремальных условиях.
- использование робототехнических комплексов, позволяет значительно снизить риск для жизни и здоровья пожарных и спасателей. Данные комплексы могут выполнять задачи в условиях, опасных для людей, таких как высокие температуры, токсичные газы и нестабильные конструкции, что повышает общую безопасность операций.
- снижение ущерба имуществу и окружающей среде благодаря эффективной локализации и тушению пожаров, четко заданным параметрам разведки, тем самым снижая ущерб имуществу, окружающей среде и минимизируя жертвы среди населения и участников пожара, включая в себя уменьшение площади поражения и снижение затрат на восстановление объектов.

Термины и определения

Робототехнический комплекс - это система высокотехнологичных операций внутри устройств, взаимодействующих друг с другом и настроенных на выполнение какой-либо операции. Она обязательно включает в себя промышленного робота.

Установка пожаротушения - совокупность стационарных технических средств для тушения пожара за счёт выпуска огнетушащего вещества.

Робототехника - наука и техника, связанные с разработкой, производством и применением роботов, автоматических устройств, способных выполнять различные задачи.

Внедрение - процесс введения новых технологий, продуктов или систем в эксплуатацию, включающий их установку, настройку и интеграцию с существующими системами.

Современные образцы - новейшие модели и версии технологий, продуктов или систем, которые соответствуют последним достижениям науки и техники.

Многофункциональные робототехнические комплексы - комплексы, состоящие из нескольких роботов или роботизированных систем, которые могут выполнять различные функции и задачи.

Пожаротушение - процесс ликвидации пожара с использованием различных средств и методов, таких как вода, пена, порошок и другие огнетушащие вещества.

Эффективность тушения пожаров - способность системы или метода быстро и надежно ликвидировать пожар с минимальными потерями и ущербом.

Аварийно-спасательные работы - комплекс мероприятий, направленных на спасение людей, имущества и окружающей среды в случае аварий, катастроф и других чрезвычайных ситуаций.

Перечень сокращений и обозначений

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ГОСТ Р – государственный стандарт России;

МГТУ им. Баумана – Московский Государственный технологический университет им. Баумана;

МУПТВ – модульная установка пожаротушения тонкораспылённой водой;

МРТК-П – многофункциональный робототехнический комплекс;

МЧС – Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

НПО – Научно-производственное объединение;

ОТВ – Огнетушащее вещество;

ОТС – Охранно-тревожная сигнализация;

ОФП – опасные факторы пожара;

ПДК – предельно-допустимая концентрация;

РТС – робототехническое средство;

1 Особенности тушения пожаров

1.1 Анализ пожаров и их последствий

В настоящее время пожар является основным источником нанесения большого количества материального ущерба, а также приводит к человеческим жертвам, которые классифицируются в зависимости от источника возникновения пожара [14].

Пожар - это неуправляемый процесс горения, который может привести к серьезным последствиям. Опасные факторы данного явления, обуславливаются глобальным ущербом и многочисленными потерями среди населения.

Характерные свойства пожара:

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода;
- осколки и части разрушившихся аппаратов, 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.

Также стоит отметить, что в результате возникновения пожаров могут возникнуть и другие свойства, приводящие к разрушению, воспламенению, потере имущества и жизни.

Такие свойства подразумевают собой катаклизм и делятся на [18]:

- ударные волны в последствии которых происходит обвал несущих конструкций, а также страдают ближайшие сооружения, автомобили и люди;
- быстро распространяющиеся очаги горения;

– распространение по периметру остатков конструкций и дальнейших их ущерб ближайшим постройкам;

– загрязнение окружающей среды и периметра горения ядовитыми газами выделяемых при горении материалов.

Пламя пожара или его тепловой поток может оказывать разрушительные свойства на эпидермис человека из-за образования на верхних слоях кожи термических ожогов.

Накопление большого количества тепла в организме человека приводит к тепловому удару, в результате чего, человек может потерять сознание, что осложняет поиски и спасение пострадавшего.

Высокая температура окружающей среды может быть опасной для здоровья человека. Ожоги дыхательных путей, кожи и глаз могут возникнуть в результате воздействия высокой температуры.

Ещё одним не мало важным опасным фактором пожара является дым, способствующий привести к человеческим жертвам в результате закупоривания дыхательных путей дымом. Также большое количество дыма приводит к плохой видимости, в результате чего, человек начинает плохо ориентироваться в задымлённом пространстве. Далее это приводит к затруднительной ситуации эвакуации или эвакуация становится полностью невозможной [4].

Дым является ядовитой смесью продуктов горения, которая может нанести серьезный вред здоровью человека. Оксид углерода, синильная кислота, фосген и альдегиды - это только некоторые из вредных веществ, содержащихся в дыму. При вдыхании дыма эти вещества могут вызвать отравление, а также повредить дыхательные пути и другие органы.

Наиболее распространёнными видами пожара являются бытовые пожары, так как наиболее часто по статистике они сопровождаются человеческими жертвами.

В РФ ежегодно ведётся статистика пожаров поквартально, ежегодно, по субъектам РФ, по округам РФ, а также в целом по нашей стране.

Далее проведём анализ возникновения пожаров в РФ за 2023 год в целом по стране.

Результаты обобщения данных по пожарам целесообразно сводить в единые реестры, так как именно они позволяют наиболее информативно провести анализ.

Реестры в обязательном порядке должны содержать наименование всех сведений, которые должны быть четкими и информативными.

Содержание реестров зависит от анализируемых показателей.

За период 2023 года в РФ произошло 200495 пожаров, в то время как годом ранее количество пожаров было зафиксировано на отметке 198639.

В результате пожара в 2023 году погибло 4021 человек, из них 168 человек – несовершеннолетние [1].

В результате произошедших пожаров 4242 человека в 2023 году получили травмы.

Для динамики сравнения количество погибших человек в результате пожаров в 2022 году составило 4178 человек, среди которых 154 человека – дети.

По показателю травм, полученных в результате пожара данный показатель, составил годом ранее – 4199 человек.

На рисунке 1 показана динамика пожаров в 2023 году в сравнении с 2022 годом, а также сравнительная диаграмма по ключевому показателю пожара, где в целом наблюдается положительная динамика снижения количества пожаров и погибших людей.

Однако в общественных местах наблюдается увеличение количества пожаров и погибших, что требует дополнительного внимания и усиления мер безопасности.

Для дальнейшего снижения рисков, связанных с пожарами, необходимо продолжать внедрение современных технологий пожаротушения, проводить регулярное обучение населения и персонала, а также улучшать системы пожаротушения и пожарной сигнализации.

Эти выводы могут быть использованы для разработки стратегий и мероприятий по повышению безопасности и снижению рисков, связанных с пожарами.

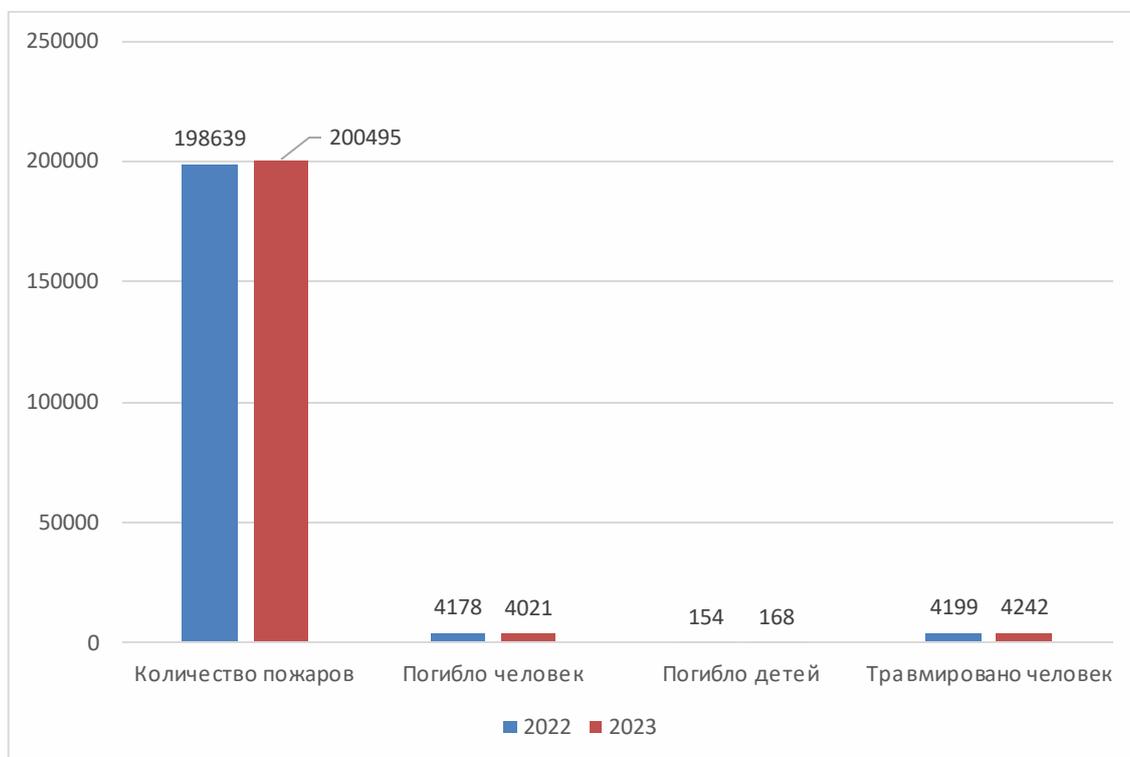


Рисунок 1 – Сравнительная диаграмма по показателям пожара в 2023 году в сравнении с 2022 годом

Проведя анализ данных, представленных на рисунке 1, можно отметить положительную тенденцию по снижению количества жертв, несмотря на общую возросшую картину количества пожаров.

Но также стоит отметить, что количество жертв среди детей имеет прирост, также, как и прирост травматизма взрослого, что свидетельствует о том, что имеется потребность повысить интенсивность работы для данных показателей.

Рисунок 2 показывает нам анализируемые результаты выживших и эвакуированных людей [24].

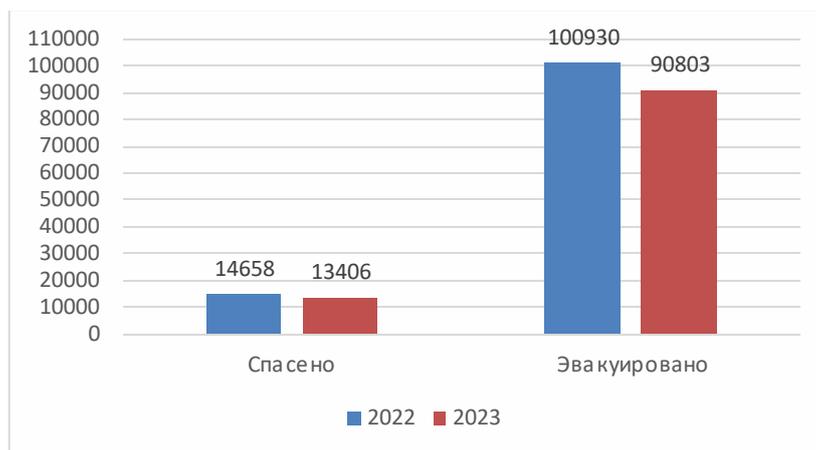


Рисунок 2 – Количество спасённых и эвакуированных человек в 2023 и 2022 годах

В среднем ежедневно происходило 1108 пожаров, которые способствовали гибели 22 человек, 23 человека получали травмы и полному уничтожению 162 строений.

На рисунке 3 представим результаты сравнительного анализа по объёму пожаров и его последствия среди имущества и населения в разных местах в 2022-2023 гг. [3].

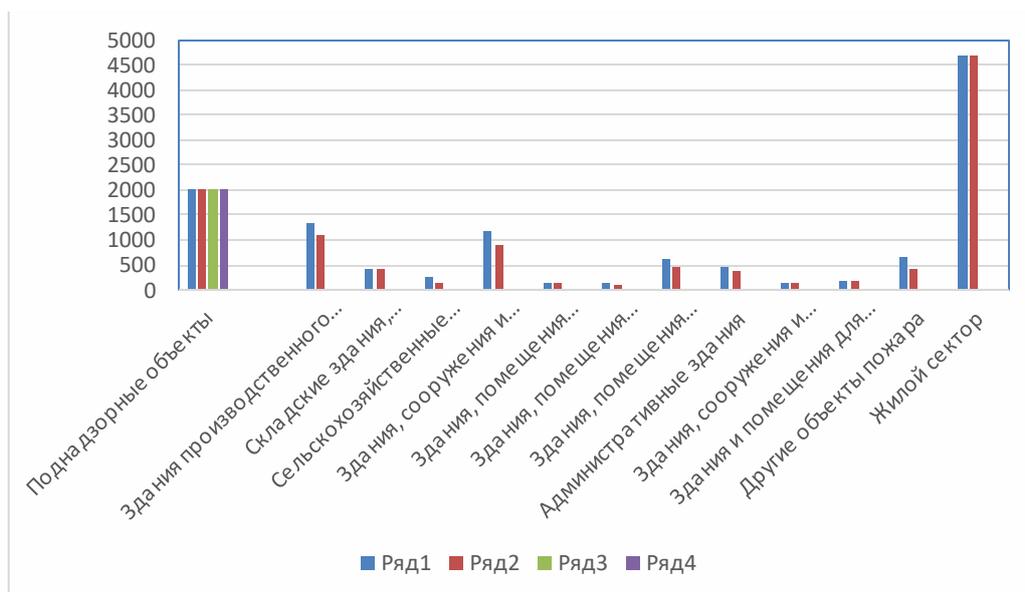


Рисунок 3 – Результаты сравнительного анализа по количеству пожаров и количеству погибших людей в результате пожара в зависимости от места возникновения пожара за период времени 2022-2023 годах

Для наглядного представления результатов анализа построим сравнительную диаграмму, которая представлена на рисунках 4 и 5 анализ которых показывает, что места возникновения пожаров и количество погибших людей напрямую зависят от множества факторов, включая человеческий фактор, технические характеристики, обслуживание систем пожаротушения и своевременное обслуживание данной системы.

Для уменьшения и предотвращения аварийных ситуаций, связанных с пожарами и гибелью людей на них, необходимо на постоянной основе проводить инструктажи и обучение людей на производствах и объектах их жизнедеятельности, а также систематически проводить учения с применением пожарной сигнализации и систем оповещения, проводить технические мероприятия систем пожаротушения и пожарной сигнализации, контролировать и обслуживать роботизированные системы, находящиеся на объектах [22].

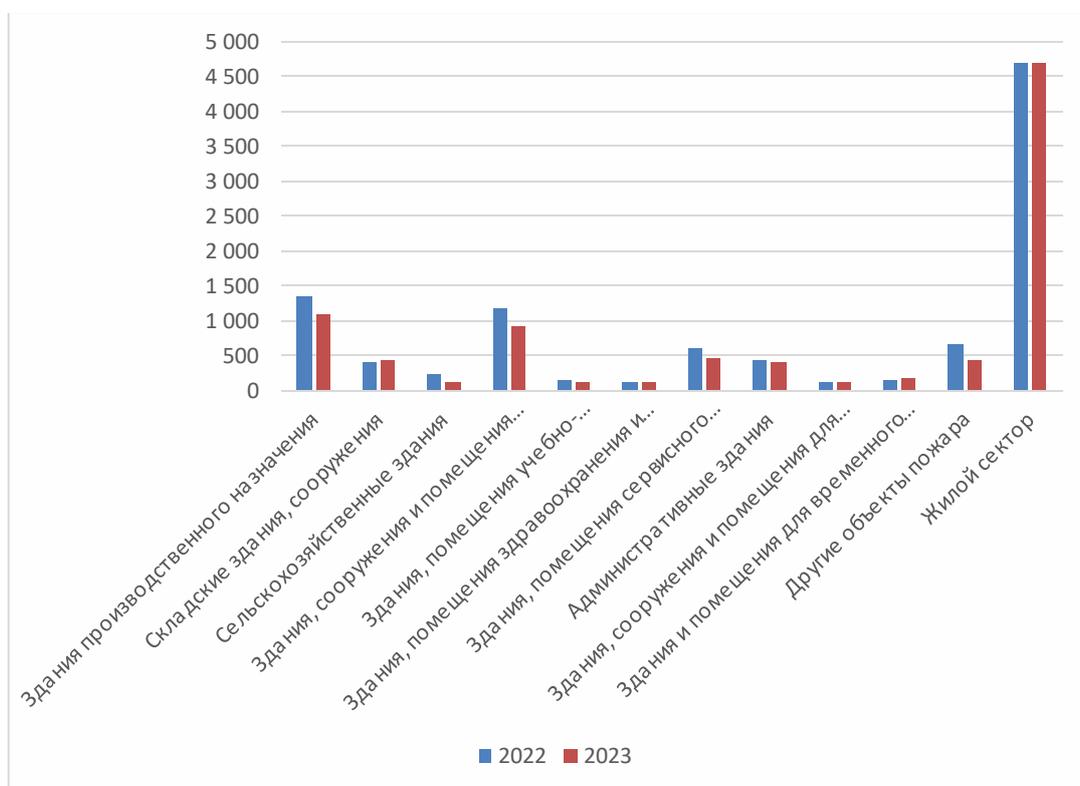


Рисунок 4 – Количество пожаров на поднадзорных объектах в 2022-2023 годах

Для проведения данного анализа потребовалось:

- собрать данные о количестве пожаров и количестве погибших людей в результате пожаров за период 2022-2023 годов;
- разделить данные по местам возникновения пожаров (например, жилые дома, коммерческие здания, промышленные объекты, общественные места);
- провести статистический анализ данных для каждого места возникновения пожаров;
- сравнить количество пожаров и количество погибших людей в каждом из этих мест.

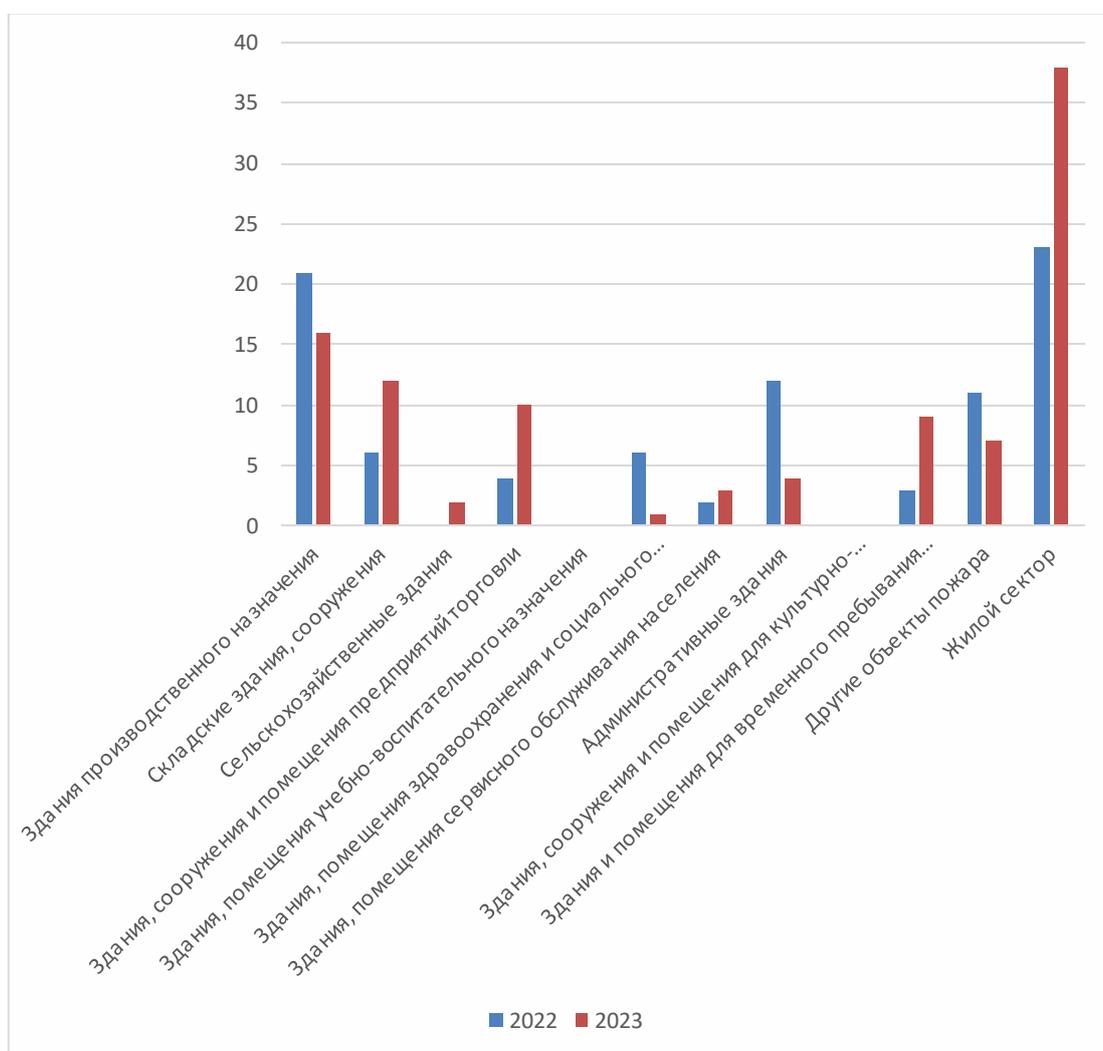


Рисунок 5 – Количество погибших человек на поднадзорных объектах в 2022-2023 годах

На рисунке 6 представлена классификация пожаров и их последствий в зданиях и сооружениях разной категории [21].

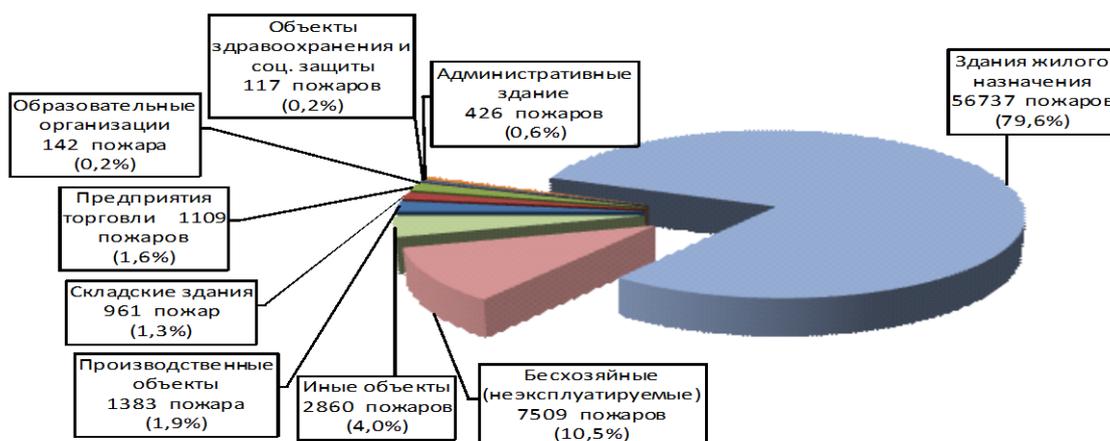


Рисунок 6 – Классификация пожаров и их последствий в зданиях и сооружениях

Наиболее распространенными факторами образования пожаров являются [15]:

- опрометчивое и необдуманное обращение с предметами создающие искры и пламя, по вине которых произошло 22 440 пожаров;
- из-за аварийного режима работы электрических сетей и оборудования, постоянно включенного в розетку, безалаберного отношения к проводке и условий хранения электроприборов, что привело к 27 618 пожаров;
- малые познания в правилах эксплуатации печного оборудования, его устройство и монтаж, ветхая или устаревшая конструкция привела к 12704 пожарам;
- поджог – 4266;
- иные причины – 4216.

В процессе тушения пожара важную роль играет координация действий пожарных подразделений. Несмотря на то что каждый пожар уникален и имеет свои особенности, существуют общие принципы и методы ликвидации, которые позволяют эффективно распределять силы и средства. Радиокommunikация является ключевым элементом в этом процессе, так как

она обеспечивает оперативный обмен информацией и координацию действий на месте происшествия.

Использование алгоритмов и автоматизированных систем, включая робототехнические средства, позволяет повысить точность и скорость локализации и ликвидации очага возгорания, минимизируя потери и затраты в ходе пожара.

1.2 Возможность применения мобильной робототехники при тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций

«Одним из первых образцов робототехнического комплекса пожаротушения в России был введен в эксплуатацию в 1984 году для защиты историко-архитектурного музея «Кижи». После чего пожарные роботы и роботизированные комплексы начали активно разрабатываться и применяться с начала 2000-х годов. Данные технологии были доведены до совершенства для повышения безопасности и эффективности работы пожарных служб в самых экстремальных ситуациях. Производительность и точность роботов, позволяют им выполнять комплекс мероприятий в разных условиях, такие как разведка пожара, сбор и анализ полученных данных, ликвидацию горения, определение местонахождения пострадавших и другие операции, которые могут быть слишком рискованными для человека.

Одним из первых и инновационных роботов является комплекс, разработанный зарубежной компанией Hoes and Hoys Technol, который был создан для локализации и ликвидации пожаров в недоступных и отдаленных местах, куда с большим трудом мог добраться пожарный. Эти роботы оснащены множественными сенсорными датчиками, круговыми камерами и системами навигации «Twin Down», что позволяет им действовать самостоятельно или под управлением оператора, а также осуществлять свою функцию в различных сценариях, включая пожары в высотках, на кораблях и в промышленных объектах.

«Развитие пожарных роботов продолжается, и современные модели становятся все более совершенными, что позволяет им эффективно справляться с различными задачами и минимизировать риски для людей. В нашей стране разработкой, созданием и внедрением пожарных роботов занимаются ФГУ ВНИИПО МЧС России, НПО «Инженерный центр пожарной робототехники «ЭФЭР», МГТУ им. Баумана, Университет комплексных систем безопасности. На сегодняшний день пожарные роботы широко применяются во многих областях промышленности и хозяйственной деятельности» [11].

«Применение робототехнических средств позволяет повысить уровень защиты от опасных факторов пожара, расширить возможности тактического маневрирования пожарных подразделений и ориентирования на местности в условиях задымления, загазованности, воздействия тепловых потоков и других помех» [6].

«Робототехнические средства призваны заменить пожарных и незащищенную пожарную технику в случаях, когда выполнение оперативных задач находится за пределами человеческих возможностей либо сопряжено с чрезмерной угрозой жизни и здоровью людей» [5].

Все системы имеющие роботизированные функции способны на более объемные задачи и процессы при тушении пожаров. Использование роботов позволяет снизить риск травматизма и отравлений ядовитыми газами и веществами среди пожарных, а также увеличить эффективность пожарно-спасательных операций.

Роботы могут выполнять задачи в условиях, которые были бы чрезвычайно опасны или даже невозможны для людей, такие как вход в зоны с высокой температурой или сильным задымлением. Они также могут обеспечить более точное и быстрое распределение воды или огнетушащих средств, а также помочь в поиске и спасении людей.

Роботы не только повышают безопасность пожарных, но и могут способствовать более быстрой локализации и ликвидации пожара, что в

конечном итоге может снизить ущерб от пожаров и спасти больше жизней. Кроме того, они могут собирать данные в реальном времени, которые могут быть использованы для анализа и улучшения тактик пожаротушения и профилактики пожаров в будущем.

Пожарные роботы являются важной частью современных систем пожаротушения. Они могут автоматически реагировать при обнаружении признаков возгорания, таких как повышение температуры, дым или огонь. Это позволяет им быстро и без потери времени реагировать на возгорания, до того, как пожар распространится и станет неконтролируемым.

Одни из важных и неотъемлемых технологических процессов РТС, является их грамотное применение и использование по назначению, тем самым улучшая качество работы пожарных подразделений и уменьшая риск бойца пожарной охраны от травм и гибели [16]:

- применение робототехнических средств (РТС) в пожаротушении обладает рядом преимуществ по сравнению со стандартными огнетушащими средствами (ОТС);

- робототехнические средства (РТС) выполняют заданные программой действия быстрее и точнее, благодаря заданной программе, чем стандартные огнетушительные средства (ОТС), и за счет точных программных процессов наиболее точно вычисляют очаги пожара, находят пострадавших оказавшихся в чрезвычайном положении;

- благодаря своей комплектации имеют высокую степень защиты от огня и свойству работать удаленно с помощью оператора, данные комплексы легко справляются со своей задачей в непригодной для дыхания среде;

- благодаря своему программному обеспечению, роботизированные комплексы способны обеспечивать работоспособность в разы больше чем целое подразделение бойцов пожарной охраны сохраняя силы и здоровье людей;

- роботизированные комплексы с помощью специальных высокоточных сенсоров определяют местонахождение очага пожара и способны

ликвидировать возгорания на начальной стадии, либо же сдержать дальнейшее распространение пожара до прибытия бойцов пожарной охраны к очагу, а также благодаря точным действиям и командам оператора затратить наименьшее количество сил и средств, предотвратив потерю воды и имущества;

– робототехнические средства (РТС) с благодаря своей конструкции и высокотехнологическому программному обеспечению, под управлением и руководством оператора, позволяет подразделениям пожарной охраны не зависимо от ранга и степени пожара, увидеть и проанализировать чрезвычайную ситуацию, посредством транслирования ее на экран планшета оператора с камер установленных на робототехническом комплексе, улучшая как тактические, так и стратегические возможности бойцов пожарной охраны [32];

– при тушении масштабных пожаров использование робототехнических средств (РТС) разных моделей и классности, благодаря взаимным коммуникативным функциям их систем и передачи данных друг другу на расстоянии, обеспечит наиболее результативный показатель тактических возможностей подразделений пожарной охраны, в сравнении с использованием одной из модели робототехнического комплекса на участке местности где произошел пожар или чрезвычайная ситуация;

Лафетные стволы вот уже долгое время показывают эффективные результаты при тушении и ликвидации пожаров, поэтому используются не только в стандартных разработках на автоцистернах либо стационарном оборудовании, но и с развитием технологий в настоящее время внедряются в автоматические установки пожаротушения, тем самым помогая и экономя силы и время подразделению пожарной охраны, которые нашли широкое практическое применение во многих пожарных частях и остаются незаменимыми помощниками при ликвидации пожаров, так как они способны обнаруживать очаги возгорания и тушить их с помощью встроенных огнетушителей.

Стационарные пожарные роботы зачастую устанавливаются на наиболее опасных участках, таких как крыши зданий, в помещениях с повышенной пожароопасностью и в других местах, где постоянно необходимо наблюдение за безопасностью. Такие установки позволяют обеспечить мгновенное реагирование на возникновение пожара уже на начальной стадии и предотвратить его дальнейшее распространение. «Пожарный робот умеет находить огонь и тушить его или охлаждать специальное оборудование и постройки при помощи специальной программы. Он делает работу пожарного более безопасной, особенно в опасных местах» [28].

Существуют производственные объекты, где пожарные роботы устанавливаются непосредственно в основаниях стен, а также в специальной полости, спроектированных на начальных этапах строительства здания [36].

Еще одна особенность скрытых пожарных роботов проявляется в более высокой маневренности, как внутри полости, в которой он непосредственно находится, так и снаружи, целью которого является осуществлять мониторинг, находить очаг возгорания и производить автоматическое пожаротушение при выявлении очага пожара, а также с помощью получения сигнала об возгорании [29].

Находясь в режиме покоя пожарные роботы, установленные в полости или невидимых зонах, возвращаются в свое исходное положение. Такое инженерное решение позволяет скрыть технику, не мешать эстетическому виду внутри помещения и защитить ее от повреждений. Данные комплексы уже используются в тестовом режиме на объектах метрополитена, торговых центрах и закрытых концертных площадках. Они позволяют обеспечить быстрое и эффективное тушение пожаров, а также снизить риск травм и отравлений среди людей.

Инновационным прорывом является концепция роботов-аватаров, которая действительно представляет собой захватывающее новое направление в робототехнике. Эти системы позволяют операторам управлять роботизированным дублером своего тела на расстоянии, что открывает

множество возможностей для различных применений, от военных операций до задач поиска и спасения.

Основные преимущества использования роботов-аватаров включают в себя удаленное управление, когда оператор может находиться в безопасном месте, в то время как робот выполняет задачи в опасной или труднодоступной среде, точное воспроизведение движений, которое позволяет роботу точно копировать движения оператора, обеспечивая более естественное и интуитивное управление, мгновенная обратная связь с оператором и получение визуальной, а иногда и тактильной обратной связи, что позволяет ему лучше ощущать и контролировать окружение робота.

На сегодняшний день существующие комплексы, обладают определенными видами изъянов, проявляющиеся в ряде недоработок со стороны систем управления внутренними микропроцессорами и программном обеспечении, отвечающие за дальность управления и тактильные функции датчиков на корпусе робота.

Управляя ими на расстоянии, системный оператор не обладает нужной информацией и не ощущает всего происходящего в аварийной зоне. Так, например, оператору не передается ощущения температуры при открытом очаге пожара, крики помощи людей и отсутствует тактильность действий. Тем временем как роботы-аватары с многочисленными и высокоточными внутренними сенсорными, передают показатели в зоне чрезвычайной ситуации и их системы позволяют определить и ощутить всю картину действий [13].

Разработка таких роботов-аватаров ведется во многих странах, включая США и Россию, где они могут стать революционным инструментом в руках специалистов различных областей. Это направление робототехники продолжает развиваться, и мы можем ожидать появления новых инноваций и улучшений в ближайшем будущем.

Такие технологические инновации в сфере роботизированных систем предоставят возможность наиболее безопасно и быстро выполнить

поставленные задачи перед подразделением пожарной охраны, обеспечить их правильной и точной информацией о происходящем на пожаре, сгенерировать подробную схему и карту выбранного объекта и территории, уберечь подразделение от травмирующих факторов и гибели, сориентировать пожарного на наличие опасного фактора в непригодной для дыхания среде, определить места эвакуации, а также количество и концентрацию опасных для здоровья человека веществ на объекте тушения [26].

Вывод: Проведя анализ пожаров и их последствий, посредством составления диаграмм и таблиц, могу утверждать, что ликвидация пожара и его последствий является многогранным явлением требующего особого внимания со стороны пожарных служб. Внедрение в свои подразделения робототехнических комплексов обеспечит более точную и эффективную работу на пожаре, благодаря своим высокотехнологичным процессам встроенных как в робототехнический комплекс, так и в его оборудование. Все функции и механизмы робототехнического комплекса обеспечивают более точные расчеты при подаче огнетушащих веществ (ОТВ) в очаг пожара, что влечет за собой подавление и ликвидацию пожара на начальной стадии, предотвращая его дальнейшее распространение.

Также отмечу, что в результате пожаров увеличилась травматизация и жертвы как среди людей возрастной категории, так и среди детей пострадавших во время пожара, что свидетельствует о необходимости внедрения робототехнических комплексов как на объекты жизнедеятельности и проживания людей, их рабочих мест, так и внедрения комплексов в состав подразделений пожарной охраны, тем самым обеспечивая продуктивность и безопасность в данном направлении.

Таким образом, для наиболее эффективного и быстрого предотвращения пожаров и чрезвычайных ситуаций, а также уменьшению неблагоприятных последствий, считаю необходимым продолжать развивать и внедрять роботизированные средства тушения пожаров как на объекты промышленности, так и объекты жизнедеятельности людей.

2 Современные образцы многофункциональных комплексов пожаротушения

2.1 Установки пожаротушения и пожарной сигнализации

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 [23].

Способ подачи огнетушащего вещества в очаг пожара не должен приводить к увеличению площади пожара вследствие разлива, разбрызгивания или распыления горючих материалов и к выделению горючих и токсичных газов.

В проектной документации на монтаж автоматических установок пожаротушения должны быть предусмотрены меры по удалению огнетушащего вещества из помещения, здания и сооружения после его подачи.

Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации в зависимости от разработанного при их проектировании алгоритма должны обеспечивать автоматическое обнаружение пожара, подачу управляющих сигналов на технические средства оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, приборы управления установками пожаротушения, технические средства управления системой противодымной защиты, инженерным и технологическим оборудованием [25].

Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации должны обеспечивать автоматическое информирование дежурного персонала о возникновении неисправности линий связи между отдельными техническими средствами, входящими в состав установок.

Пожарные извещатели и иные средства обнаружения пожара должны располагаться в защищаемом помещении таким образом, чтобы обеспечить своевременное обнаружение пожара в любой точке этого помещения.

Системы пожарной сигнализации должны обеспечивать подачу светового и звукового сигналов о возникновении пожара на прибор приемно-контрольный пожарный, устанавливаемый в помещении дежурного персонала, или на специальные выносные устройства оповещения, а в зданиях классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.2, Ф4.1, Ф4.2 с автоматическим дублированием этих сигналов в подразделение пожарной охраны с использованием системы передачи извещений о пожаре [8].

Требования к проектированию систем передачи извещений о пожаре устанавливаются нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти, уполномоченного на решение задач в области пожарной безопасности.

Ручные пожарные извещатели должны устанавливаться на путях эвакуации в местах, доступных для их включения при возникновении пожара.

Требования к проектированию автоматических установок пожаротушения и автоматической пожарной сигнализации устанавливаются

настоящим Федеральным законом и (или) нормативными документами по пожарной безопасности [9].

Автоматические системы предотвращения огня играют важную роль в обеспечении безопасности как на производственных объектах, так и на гражданских. Они способны автоматически обнаруживать возгорание и начинать процесс тушения до того, как пожарные службы смогут прибыть на место происшествия. Особенно это важно на объектах с высоким уровнем риска, таких как химические заводы, нефтеперерабатывающие заводы и другие крупные промышленные предприятия, но и жилые здания, офисы и студии не стоит оставлять без внимания.

Основными характеристиками модульных систем пожаротушения являются системы, оснащенные автоматическими датчиками, которые могут обнаруживать дым, определять повышение температуры или открытое пламя.

Использование различных реагентов для тушения в зависимости от типа установки, такие как вода, пена, порошок или инертные газы.

Неотъемлемой частью таких систем является минимизация ущерба, ведь автоматические системы стремятся быстро локализовать и потушить пожар, что помогает снизить ущерб от огня и воды.

Эти системы постоянно совершенствуют, чтобы повысить их эффективность и надежность, а также адаптировать к более объемным масштабам и специфическим условиям различных объектов.

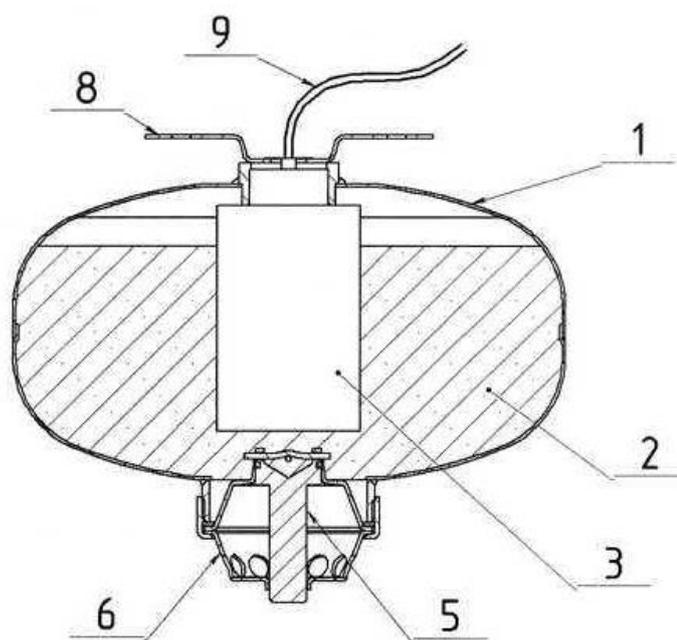
Несмотря на то, что системы пожарной защиты имеют ряд полезных и конструктивных аспектов, помогающих сдержать распространение пожара, они также обладают недостатками, которые в свою очередь имеют не надежную конструкцию. Это может быть вызвано различными причинами, такими как некачественное изготовление, неправильная установка или эксплуатация, а также отсутствие своевременного обслуживания и профилактики. Для обеспечения надежной работы систем пожарной защиты необходимо соблюдать все правила их эксплуатации и проводить регулярные проверки и обслуживание.

Автоматическая модульная пожарная установка имеет определенный расход огнетушащего вещества, что не позволяет оперативно провести технологическую перепланировку производства. Это может быть вызвано тем, что установка не может быть перенастроена под новые условия или что необходимо дополнительное время для заправки установки огнетушащим веществом.

Среди положительных свойств можно отметить специальные особенности пожарных систем, которые проявляются в [7]:

- компактных размерах с эстетичной установкой;
- многогранность применения в любых помещениях и объектах;
- легкая установка и быстрый монтаж на любые поверхности.

На рисунке 7 указан состав модулей порошкового пожаротушения [20].



1 – корпус, в котором размещаются огнетушащий порошок; 2 – газогенерирующий элемент с электровоспламенителем; 3 – устройство с предохранительно-выпускным клапаном; 5 – распылитель порошка; 6 – кронштейн; 8– крепления к потолочному перекрытию.

Рисунок 7 – состав модулей порошкового пожаротушения

На рисунке 8 показана подробная схема модульной установки порошкового пожаротушения с перечнем элементов.

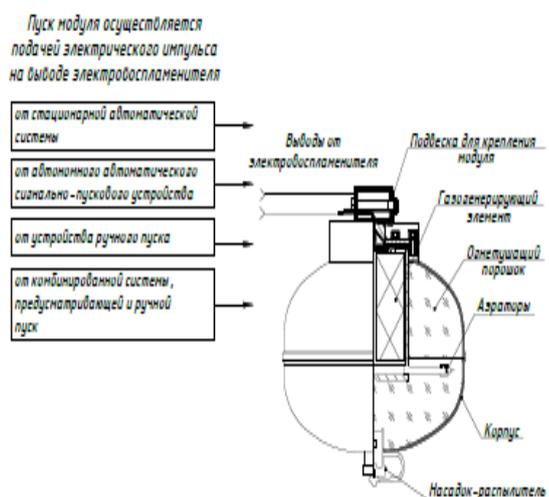


Рисунок 8 – Структурная схема модульной установки порошкового пожаротушения

«На указанной схеме количество контрольно-пусковых блоков, вмонтированных в агрегат С2000-АСПТ по матрице RS-485, максимально доходит до 97 и на прямую зависит от количества модулей пожаротушения (6 модулей на один С2000-КПБ). Величина источников запасного электропитания РИП-12-3/17П1-Р соответствует количеству С2000-КПБ» - так определяет Алешков М.В. сущность этого понятия. [2]

Существует большое разнообразие автоматических установок пожаротушения, поэтому рассмотрим их достоинства и преимущества, а также обратим внимание на их минусы в использовании на разных объектах жизнедеятельности людей, тем самым определим какие из установок лучше использовать для определенных целей.

К положительным аспектам автоматических установок порошкового пожаротушения можно отнести:

- моментальное и автоматическое реагирование установки пожаротушения при обнаружении пожара, что обеспечивает локальное

подавление очага возгорания на начальном этапе и значительное предотвращение ущерба имуществу;

– автоматические системы пожаротушения минимизируют последствия касающиеся жизни и здоровья людей, действуют при этом автоматически по алгоритму заданной им программой;

– компоненты, находящиеся в данных установках, имеют безопасный состав, который не наносит вреда здоровью людей, даже в случае попадания на кожу и дыхательные пути;

– простота установки и эксплуатации. Автоматические установки порошкового пожаротушения легко устанавливаются и не требуют сложного обслуживания.

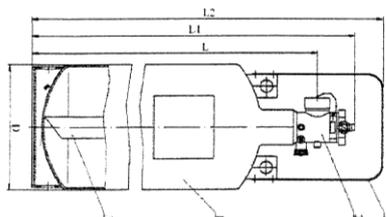
Минусы автоматических установок порошкового пожаротушения:

– установка и техническое обслуживание данных систем пожаротушения в большинстве случаев дорого обходятся организациям;

– не исключен факт ложного срабатывания систем, в случаях перебоя электричества или сбоя программы, что может привести к растрате материала, а также вызвать панику у рабочего персонала.

Таким образом, установки пожаротушения обладая рядом преимуществ, зачастую требуют внушительных затрат, а также грамотного и профессионального обслуживания для обеспечения бесперебойной и эффективной работы на объекте, котором они установлены.

На рисунке 9 показано устройство МГП [30].



1 – баллон; 2 – запорно-пусковое устройство; 3 – спиротрубка; 4 – защитный колпак.

Рисунок 9 – Устройство модулей газового пожаротушения

На рисунке 10 и 11 наглядно показаны структура и схема модульной установки газового пожаротушения с функциями элементов, подлежащих техническому обслуживанию.

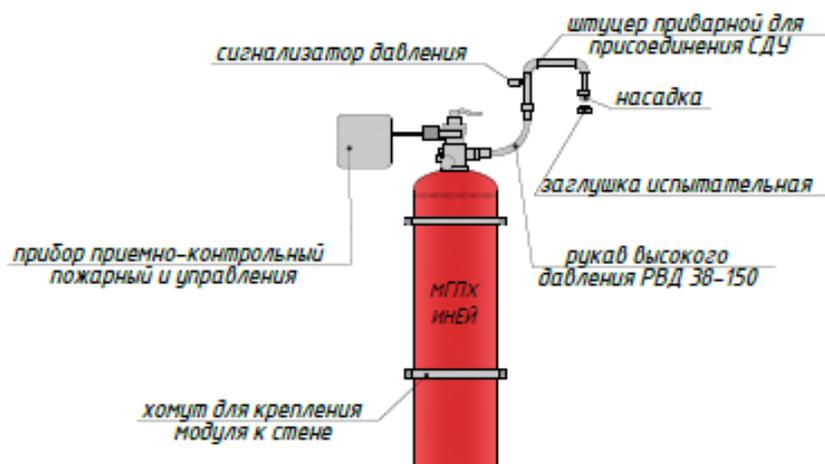


Рисунок 10 – Структурная схема модульной установки газового пожаротушения

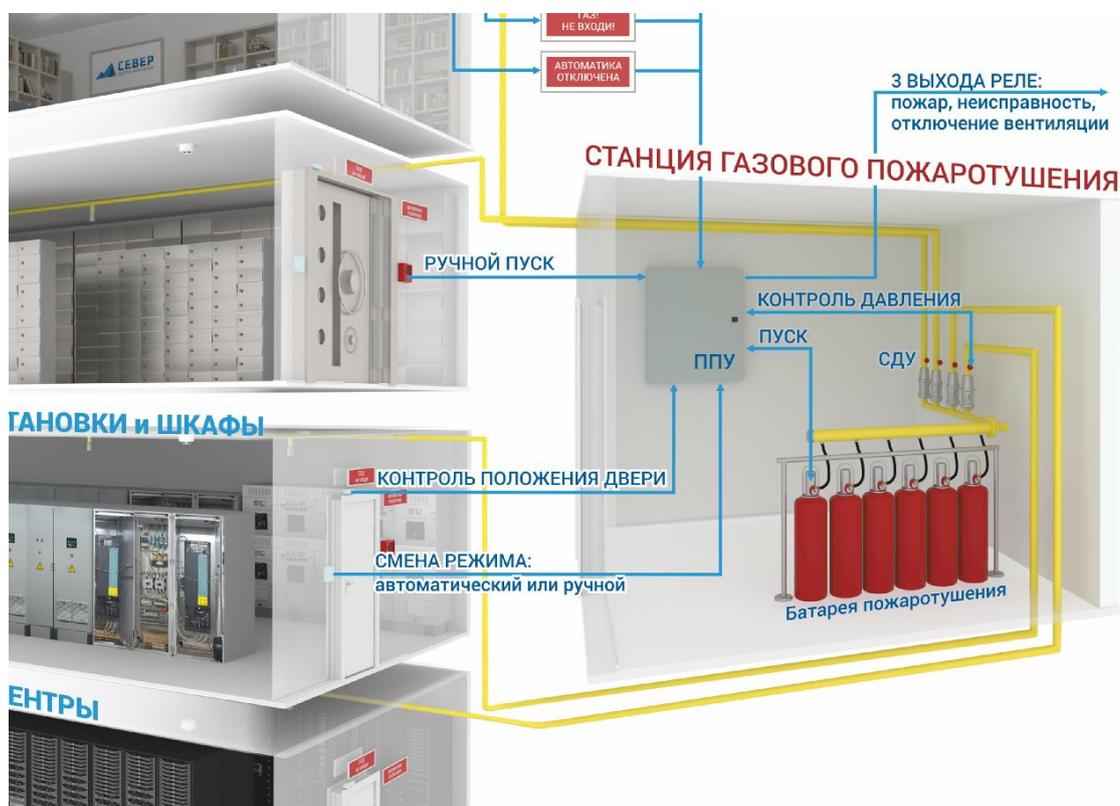


Рисунок 11 – Схема подключения и расположения станции газового пожаротушения

На данный момент, все силы инженеров, работающих с модульными установками пожаротушения направлены на модифицирование и усовершенствование этих систем. Это направление является одним из наиболее важных и перспективных, так как позволяет повысить эффективность тушения пожаров и снизить риск травм и отравлений среди людей. Для достижения этой цели разработчики используют современные технологии и материалы, а также проводят исследования и тестирование новых решений.

Одним из таких решений принято считать использование модульной установки тушения пожара с помощью мелкооросительной струи, которая под высоким давлением благодаря тонким наконечникам, обеспечивает мелкое распыление под давлением для более точного и прицельного распределения воды по определенным и выбранным заранее участкам на объекте.

Для иллюстрации приведем пример недочетов системы автоматического пожаротушения газовым и порошковым способом, по отношению к модульным установкам тушения пожара с помощью мелкооросительной струи, рассмотрев на примере крупного автомобильного завода, где работает большое количество людей, и обеспечение их безопасности является критически важным:

– в составе газового пожаротушения имеются галоидные производные предельных углеводородов вызывающие раздражение дыхательных путей, которые, могут быть токсичны для людей. Также выделяемые инертные газы снижают концентрацию кислорода в помещении, что приводит к удушью у людей, находящихся в зоне воздействия. Без внимания не остается тот факт, что газовые системы пожаротушения могут быть дорогостоящими в установке и обслуживании [10];

– порошковые системы в большинстве случаев требуют своевременного технического обслуживания и недочеты в их обслуживании приводят к их неисправности в критический момент, что ведет за собой при их срабатывании

загрязнение оборудования и помещения, что особенно критично для автомобильных заводов, где используется много автоматизированных систем;

– недостаток знаний у персонала о том, как действовать в случае пожара и как использовать системы пожаротушения.

Таким образом, для обеспечения безопасности на крупном производственном предприятии важно учитывать все возможные недочеты систем пожаротушения и принимать меры для их минимизации. Из-за того, что системы с мелким орошением могут быть адаптированы для использования в различных условиях и на различных типах объектов, рационально приходим к выводу, что на объемных предприятиях при тушении пожара с применением порошка, газа или воды, приводит к значительному ущербу и порче дорогостоящего оборудования, тем временем как, автоматическая установка тушения пожара с мелко оросительной системой, наиболее эффективна за счет наибольшего распыления и попадания в труднодоступные участки объекта и места закрытые механизмами оборудования.

За счет своих свойств данная мелко оросительная система, также может применяться для всех типов объектов, будь это небольшое помещение, здание школы или же большое производство.

Модульные установки тушения пожара тонкораспыленной водой обладают рядом преимуществ, которые безопасны как в местах с большим скоплением людей, так и на открытых пространствах объекта. Использование таких систем позволяет не только избежать травм и увечий у людей во время пожара, но и снизить риск отравления угарным газом благодаря адсорбирующему эффекту тонкораспыленной воды.

Такие системы являются важным инновационным решением в области пожарной безопасности и могут быть интегрированы в существующие строительные и производственные стандарты для повышения уровня безопасности на объектах различного назначения.

В отличие от огнетушителей, которые имеют меньший запас огнетушащего вещества и малые объемные процессы для подавления и ликвидации пожара, производительность и количество ОТВ в автоматических установках ликвидации пожара, намного больше чем и эффективнее. Огнетушители могут быть эффективными в тех случаях, когда необходимо немедленное реагирование на небольшие пожары и подавление малых площадей, охваченных пожаром, так как в действительности имеют ограничения по объему огнетушащего вещества и могут не справиться с крупными пожарами.

Для объектов, особенно тех, где присутствует высокий риск возникновения пожара, интеграция автоматических систем тушения является критически важной для обеспечения безопасности и сокращения потенциальных потерь от пожара. Это также может помочь в соблюдении норм пожарной безопасности и стандартов защиты объектов, что в свою очередь не мало важно для объектов, которые не могут понести материальный ущерб, если вовремя не потушенный малый объем пожара, распространиться на более высокую площадь, в результате чего предприятие понесет большие потери и ущерб, из-за срабатывания автоматических систем пожаротушения [12].

Теплопоглощение является ключевым фактором для эффективного пожаротушения. Огнетушители, несмотря на их ограниченную эффективность, остаются важным инструментом для начальной стадии пожара. Однако для обеспечения максимальной безопасности на крупных производственных предприятиях необходимо использовать установки автоматического пожаротушения, которые обеспечивают более высокую эффективность и автоматическое управление.

Модульная установка с применением мелкооросительной струи в дополнение к воде, прекрасно работает для создания мелкодисперсного занавеса на водной основе, применяемая для локализации и дальнейшей

ликвидации возгорания, такая система представляет собой комплексное решение, включающее в себя несколько ключевых компонентов:

Генератор пены создающий тонкораспыленную пену, которая эффективно охватывает горящие поверхности, блокируя доступ кислорода и тем самым способствуя гашению огня.

Система подачи воды, обеспечивающая доставку воды к генератору пены в необходимом объеме и под нужным давлением и контроллер управления регулирующий работу всей системы, включая активацию тушения при обнаружении пожара и контроль за распределением пены.

Рисунок 12 наглядно показывает установленную модульную установку тушения пожара тонкораспылённой водой – МУПТВ с горизонтальным пусковым баллоном [17].

Если тушить пожар большими массами воды, то минимизировать последствия и ущерб не удастся, так как:

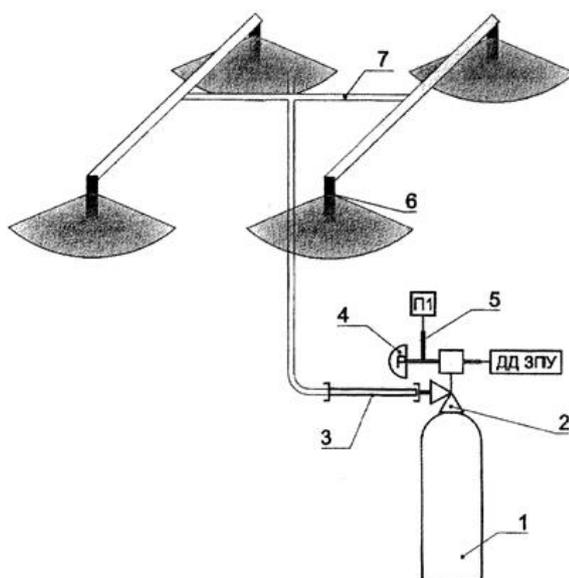
- большие объемы воды приводят к многочисленному ущербу имущества;

- из-за значительного пролива воды, все оборудование на предприятии или учреждении будет выведено из строя, тем самым осуществит простой производства, и повлечёт за собой затраты на ремонт и сушку.



Рисунок 12 – Модульная установка тушения пожара тонкораспылённой водой - МУПТВ с вертикальным пусковым баллоном

На рисунке 13 представлена характеристика модулей установки пожаротушения тонкораспылённой водой, которые представляют собой инновационное решение для эффективного тушения пожаров. Эти установки используют технологию тонкораспылённой воды, которая позволяет значительно увеличить площадь покрытия и повысить эффективность тушения пожаров.



1 – Баллон; 2 – ЗПУ; 3 – Рукав высокого давления; 4 – Ручное пусковое устройство; 5 – Устройство иницирования запуска; 6 – Насадка с муфтой и фильтром; 7 – Трубопровод.

Рисунок 13 – Характеристика модулей установки пожаротушения тонкораспылённой водой

Говоря о тонкораспылительной системе для тушения пожаров, можно смело заявить, что каждая капля воды выпущенная из спликера превращается в тысячу капель и тем самым запускает быстрый процесс улетучивания жидкости и поглощения тепла.

Главным функционалом и преимуществом данной системы становится ее независимость, так как с помощью заранее заданной программы,

запрограммированной на ее программном обеспечении, способна самостоятельно определить локацию где находятся возгорание и за считанные секунды ликвидирует его последствия.

Именно эта опция позволяет данной системе использовать минимальные объемы жидкости, что в свою очередь приводит к своевременному и целевому устранению последствий возгорания, быстро и своевременно восстановить систему и оборудование оказавшимся под воздействием воды, а также минимизировать распространение огня по всей территории объекта.

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика автоматических установок пожаротушения [19].

Таблица 1 – Сравнительная характеристика автоматических установок пожаротушения

Значимые характеристики	Типы пожаротушения						
	Водяное	Пенное	Тонкораспылённая вода	Газовое	Порошковое	Газопорошковое	Аэрозольное
Объёмное тушение	-	+/-	-	+	+/-	+	+
Тушение локально по объёму	-	+	+	+/-	+/-	+	-
Тушение по площади	+	+	+	-	+	+	-
Тушение электроустановок под напряжением	-	-	+	+	+	+	+/-
Экологическая безопасность	+	-	+	-	+/-	-	+/-
Эксплуатационные расходы	+	-	+	+	+	-	+
Возможность многократного использования	+	+	+	+	+/-	+	-
Итого	8	7	14	11	11	10	7
«+» - 2 балла; «+/-» - 1 балл; «0» - баллов							

Доказанный факт, что модульные установки тушения пожара тонкораспыленной водой действительно могут существенно снизить как финансовые затраты, так и риск для жизни сотрудников. Эффективность таких систем обусловлена не только минимальным расходом материала, но и увеличением большей площади покрытия и охлаждающего эффекта за счет уменьшения размера капель, что позволяет не только быстрее справляться с огнем, но и намного минимизировать водный ущерб, который может быть нанесен оборудованию и помещениям.

Кроме того, автоматическое срабатывание системы при обнаружении пожара позволяет начать тушение на его ранней стадии, что намного снижает вероятность распространения огня и увеличивает шансы на сохранение имущества и безопасность людей.

Такие системы особенно ценны в условиях, где важно быстро реагировать на возгорание и где присутствует риск значительного ущерба от воды, используемой для тушения.

В данных распылительных конструкциях используется только отфильтрованная от примесей вода, за счет этого фактора значительно уменьшаются проблемы с отложениями и другими примесями, которые могут содержаться в трубопроводах с обычной технической водой [33].

Приведенные выше примеры доказывают, что автоматическая установка с тонкораспылительными функциями для тушения пожара наиболее эффективна для крупных объектов, чем спринклерная установка, а также для производств малой габаритности, что является самой по себе высокоэффективным и экономичным вариантом, а также более безопасным для людей, работающих на этих производствах.

Организационно-техническим мероприятия состоят из важных первоначальных этапов таких как:

- анализ текущих систем пожаротушения, включающих в себя проведение детального анализа существующих систем пожаротушения на

объекте с определением текущих недостатков и потребностей в улучшении системы пожаротушения;

- создание технического задания на проектирование и установку системы тонкораспыленной воды и определение требований к системе, включая параметры распыления, давление воды и количество распылителей;
- выбор качественного оборудования и материалов для системы тонкораспыленной воды для дальнейшего обеспечения надежности и эффективности системы.

Выполнение всех этих этапов, будет ключом к качественному и своевременному монтажу всех систем пожаротушения.

Планировочные же мероприятия включают в себя:

- разработку графика выполнения работ по установке системы для полного обеспечения и своевременного выполнения всех этапов установки;
- координацию работы по установке системы тонкораспыленной воды с другими системами безопасности и инженерными системами объекта для лучшей работоспособности и обеспечения совместимости, а также взаимодействия всех систем;
- обязательное проведение тестовых испытаний системы после установки и проверка работоспособности системы на выявление возможных недостатков;
- проведение обучения и инструктажа персонала по эксплуатации и обслуживанию системы тонкораспыленной воды для обеспечения готовности персонала к эффективному использованию системы, а также умению к быстрому реагированию сотрудников на иного рода происшествие [27].

Оросители фирмы «ОРТЕС» показали одну из наилучших производительностей на рынке среди конкурентов, они имеют качественные комплектующие и составляющие, которые на данный момент являются лидером среди всех остальных фирм, так как преобладают наибольшей площадью покрытия в расчете на один тонкодисперсный спринклерный ороситель, защищающий площадь внутри объекта оставляющую 22 м², в

сравнении как стандартный ороситель другой любой конкурирующей фирмы, орошающий всего 11 м² помещения, тем самым уступая в два раза в своем функционале.

В таблице 2 представлена сравнительная характеристика рекомендуемых к установке оросителей фирмы «ОРТЕС».

Таблица 2 – сравнительная характеристика рекомендуемых к установке оросителей фирмы «ОРТЕС»

Наименование оросителя	Защищаемая площадь, м ²	Интенсивность орошения, кг/с	Среднее давление воды перед оросителем, МПа	Средний расход воды кг/с
Ороситель 1	32	0,056	1,2-1,5	1,63
Ороситель 2	28	0,041	1,2-1,5	1,071

Основными преимуществами систем с тонкораспыленной водой, это низкая стоимость установки, так как не требует сложных компонентов и имеет простую систему доставки. Монтаж может быть выполнен без сварочных работ, что уменьшает время установки и требования к квалификации рабочих. Тонкораспыленная вода не требует специального обслуживания и заправки, в отличие, например, от газовых систем, где необходимо регулярно проверять и пополнять запасы газа.

Таким образом, системы тушения тонкораспыленной водой могут предложить более низкую общую стоимость владения и эксплуатации, долговечность и надежность конструкций, что делает их привлекательным выбором для многих предприятий.

2.2 Робототехнические комплексы пожаротушения

Согласно ГОСТ Р 53326-2009, пожарное роботизированное устройство – установка, управляющая лафетным стволом в любом направлении с удаленным управлением диспетчера.

Робототехническое оборудование разделяется на две категории.

- мобильные роботы;
- стационарные установки;

Мобильные устройства выполняют тушение огня без нахождения человека в зоне пожара, что дает значительное преимущество в сохранении жизни и здоровья бойца пожарной охраны, так как данные устройства имеют множественный ряд функционала подобный колесному или гусеничному автомобилю, таких как обход препятствий, дистанционное управление оператором, тушение очага пожара с длинных дистанций, а также разбор завалов и помощь в перевозке тяжелых и негабаритных конструкций.

Использование роботизированных комплексов, включая и комплексы с лафетными стволами, становятся все более популярными, особенно на объектах с высоким риском возникновения пожара и там, где требуется быстрая и эффективная реакция. Эти системы обеспечивают ряд преимуществ за счет автоматизации, которая достигается быстрым реагированием на пожары без непосредственного участия человека, что сокращает время на тушение. Удобное и простое дистанционное управление, позволяющее операторам контролировать процесс тушения на безопасном расстоянии от огня. Нельзя и забывать про точность роботизированных систем, их лафетные стволы могут быть точно направлены на источник огня, что повышает эффективность тушения.

Если говорить о безопасности, то это намного снижает риск для пожарных, так как им не нужно подходить близко к очагу пожара.

Использование таких систем, будь то стратегический объект, стадион, торговые центры и аэропорты, помогает не только предупредить, но и предотвратить предпосылки к возникновению чрезвычайных ситуаций и минимизировать ущерб в последствии пожаров. Именно поэтому инженеры работают над усовершенствованием данных систем, чтобы исключить все нюансы и оплошности, а также сделать технологию, работающую

беспрекословно и эффективно в особенности в местах массового скопления людей.

Создание принципиально новой пожарной техники является необходимым шагом для обеспечения эффективной противопожарной защиты всех родов производств в современных условиях. Внедрение современных технологий, таких как системы раннего обнаружения пожара, тонкораспыленная вода, средства индивидуальной защиты и автономные системы жизнеобеспечения, позволит сократить время реагирования на пожар, сконцентрировать подачу огнетушащих веществ и повысить безопасность работников пожарной охраны. Такие меры создадут условия, необходимые для обеспечения их работы в самых экстремальных условиях и решения проблем, связанных с пожаротушением и технологий нового поколения, которые соответствуют всем новейшим стандартам.

Новые разработки робототехнических комплексов ведутся по всему миру, передовые разработки представлены в таких странах как Франция, Америка и Российская Федерация.

Роботы этих стран оборудованы гусеницами из огнеупорной резины и используются для пожаротушения на крупных предприятиях, химических производствах, больших открытых пространствах в городе, в том числе и под землей.

На рисунке 14 показана одна из последних Российский разработок произведшая фурор среди робототизированной пожарной техники, компания «Ростех» продемонстрировала новейшего беспилотного робота-пожарного «Ант-1000ПМ». Данная разработка способна противостоять высоким перепадам температуры, а также ликвидировать очаги возгорания в экстремальных условиях, где человек по своим физическим данным не мог бы этого сделать, например, в непригодной для дыхания среде или высокой температуре.

Данный комплекс способен обеспечить ликвидацию горения с расстояния до тысячи метров, работать в автономном режиме, передавать

видео высокого расширения как с камеры кругового обзора, так и с тепловизора и все это с планшета одного оператора.



Рисунок 14 – Российский пожарный робот Ант-1000ПМ

Ант-1000ПМ в своем вооружении имеет высокотехнологичный пожарный модуль с лафетным стволом, а также специальную усовершенствованную насадку, установленную на высокопрочной подвижной установке на базе стрелы, с помощью которой комплекс достигает возгорания на расстоянии 60 метров при этом оставаясь в безопасном для него месте.

На рисунке 15 показана передовая разработка Соединенных Штатов Америки, представленная в формате робота-пожарного «Thermite RS 1», одним из самых мощных и долговечных пожарных роботов на американском рынке. Данный робот и все его компоненты, предназначены для устранения ситуаций опасных для жизни, также робот обеспечивает тушение пожаров и имеет функцию осведомленности и сбора информации для служб экстренного реагирования.

Данный комплекс имеет поток в 1250 оборотов в минуту, корпус длиной 77, 25 дюйма, шириной 44 дюйма и высотой 64 дюйма. Вес такого работа составляет всего 1600 фунтов при дизельном четырехтактном двигателе мощностью 24 л.с. с водяным охлаждением развивающего скорость 6 миль в час. Основными немаловажным по мнению разработчиков, является лебедка выдерживающая вес в 5000 фунтов.



Рисунок 15 – Американский робот-пожарный «Thermite RS1»

С помощью дистанционных пультов, закреплённых на днище, оператор получает видео в реальном времени. Данный робот благодаря технологичным гусеницам, имеет возможность перемещаться по опасной местности и устранять препятствия на своём пути, выдерживая экстремальные условия. Еще одна и передовых способностей данного робота заключается в том, что после установки RS1 способен подавать 1250 галлонов в минуту в очаг возгорания при давлении 200 фунтов на квадратный дюйм, обеспечивая все преимущества в борьбе с пожаром.

На рисунке 16 представлена последняя и успешная разработка Французских инженеров робот пожарный «COLOSSUS», изготовленная в 2019 году, удивила своими передовыми технологиями. В процессе создания данного работа было налажено необычное партнёрство — тесное сотрудничество между «Shark Robotics» и Парижской пожарной бригадой (BSPP). В результате этого инженерного подвига появился новаторский пожарный робот, тщательно спроектированный для безупречной работы.



Рисунок 16 – «COLOSSUS» пожарный робот Франции

«COLOSSUS» имеет ряд внушительных функций и показателей, таких как:

- легкость транспортировки и установки;
- сверхпрочные аккумуляторы последнего поколения;
- 12 часов работы в условиях высоких температур;
- использование как в помещении, так и на улице;
- способность выдерживать нагрузку до 500 кг и тянуть груз весом до 650 кг;

– цифровые планшеты «Shark Robotics» и интеграция с искусственным интеллектом;

Благодаря всем своим функциям и высоким передовым технологиям «COLOSSUS», получил народное признание французов за счет своей знаменитой миссии, которая состоялась в апреле 2019 года, когда он в течение 10 часов работал бок о бок с парижскими пожарными во время пожара в соборе Парижской Богоматери. Это продемонстрировало эффективность робототехники как бесценного помощника для наших преданных своему делу пожарных и именно поэтому инженеры Франции ежегодно разрабатывают и внедряют все более новейшие и современные технологии в области пожарной техники и роботостроения, на примере робота «COLOSSUS».

В настоящее время все пожарно-спасательные роботы оснащены специальным оборудованием для тушения огня водяным напором или высокократной пеной, а также взрывозащищенного мониторинга. Благодаря дистанционному управлению и PTZ-камерам с тепловизорами операторы получают всю важную информацию даже в условиях затрудненной видимости.

Разработка пожарных роботов является одним из наиболее перспективных направлений в области противопожарной техники. Эти роботы могут играть ключевую роль в повышении эффективности и безопасности противопожарных мероприятий. Вот некоторые из их потенциальных функций. Круглосуточный мониторинг, когда пожарные роботы могут непрерывно следить за состоянием объектов, что позволяет своевременно обнаруживать признаки возгорания.

Роботы могут быстро оценивать обстановку и передавать данные операторам при оперативной разведке на аварийно-спасательных работах, что помогает в быстром принятии решений при спасательных операциях в условиях, опасных для человека.

Развитие таких технологий не только повышает безопасность пожарных и сотрудников объектов, но и способствует минимизации ущерба от пожаров.

Продолжение исследований и инноваций в этой области обещает ещё большие успехи в будущем.

Одним из инновационных новшеств в пожарной индустрии стали беспилотные летательные аппараты (БПЛА) или дроны, которые представляют собой революционное решение для пожарной службы, такие инженерные решения позволяют без труда и минимальных усилий с помощью встроенных в роботизированный летательный аппарат бензиновыми двигателями с водяным охлаждением при своих малых габаритах, может достигать за считанные секунды высоты в сто метров с грузом весом до 25 кг и при этом оставаться в воздушном пространстве более 20 минут.

Российские пожарные дроны, разработаны с учетом высокой грузоподъемности, маневренности, быстрого время подъема и наибольшей продолжительностью полета в отличии от зарубежных экземпляров, делают Российские пожарные дроны, незаменимым помощником и идеальным инструментом для тушения пожаров, как в высотных зданиях, так и в других труднодоступных местах. Внедрение таких технологий, должно позволить и значительно повысить эффективность и безопасность работы пожарных служб, а также минимизировать ущерб от последствий пожаров.

Одним из таких экземпляров является пожарный дрон «Стрекоза», оснащенный высокоинтеллектуальной системой контроля за чрезвычайной ситуацией, прочным и легким корпусом из металла, диаметр такого пожарного дрона всего 2,8 метра, а масса с учётом пожарного гидранта и порошковых баллонов около 38 кг. Такой дрон способен ликвидировать очаги пожара и тушить огонь быстрее спасателей именно в тех ситуациях, когда сотрудники МЧС до сих пор вынуждены забираться по окнам горящего помещения с помощью лестницы-штурмовки или подниматься на верхние этажи с помощью пожарной автолестницы рискуя сорваться вниз и получить травмы не совместимые с жизнью.

И все же, высокоинтеллектуальные роботы - дроны широко используются пожарными во многих странах. С помощью таких

прогрессивных технологий пожарные всего мира, смогут, использовать беспилотники в чрезвычайных ситуациях, для спасения и оказания более быстрой первой помощи людям. А также, операторы данных устройств смогут круглосуточно отслеживать лесные пожары и исследовать местность, чтобы обеспечить предотвращение и мгновенное реагирование на происшествие, тем самым обезопасив как обычных людей, так и свой личный состав.

На рисунке 17 показан прототип комплекса для разведки лесных пожаров компании Qiling, робот разведчик JS260.



Рисунок 17 – летательный аппарат роботизированного типа JS260

Если говорить простым языком, то значимые преимущества роботизированных комплексов пожаротушения от всех остальных систем подобного типа это, встроенные высокотехнологичные процессоры, отвечающие за контроль происходящей вокруг ситуацией при чрезвычайной ситуации. Данные системы с точностью до сантиметра вычисляют местонахождение очага пожара, проецируют его на компьютер оператора, создавая модель происходящей ситуации и локализуют его в кратчайшие сроки без участия личного состава пожарной охраны, при этом имея в своей

комплектации набор огнетушащих веществ с определённым запасом и точной подаче его в очаг пожара.

Данные системы разработаны таким образом, что если ликвидация пожара не достигнута и стадия очага перешла в локализирующую, то роботизированный комплекс повторно осуществляет ликвидацию данного очага. Именно такого рода технологии в автоматических средствах пожаротушения, в скором времени займут место спринклерных и дренчерных систем, которые используют огромное и неудобное количество труб, проходящих по всему периметру и занимающим много места во внутренней конструкции помещения, влекущих за собой большой ущерб при тушении пожара или малейшего возгорания с дальнейшим неэффективной ликвидацией, после которого вода заполняет все пространство помещения нанося вред конструкции здания и имуществу находящимся в нем.

Укомплектованность роботизированного пожарного комплекса состоит из:

- высокотехнологичные устройства и чувствительные датчики для обнаружения и ликвидации очага пожаров, а также роботизированный комплекс оборудован круговыми камерами, тепловизорами последнего поколения, датчиками дыма и температуры, а также системами подачи огнетушащих веществ;

- простой в использовании интерфейс и специальное программное обеспечение, аппаратные средства для автономного или дистанционного управления роботом на расстоянии. Система ГЛОНАС и навигация, позволяет роботу передвигаться по объекту обходя препятствия и находить источники возгорания, обозначая местонахождение на экране планшета оператора;

- систему подачи огнетушащих веществ, включающая в себя насосы, трубопроводы и распылители, которые управляются автоматически или дистанционно, обеспечивающая точную подачу воды, пены или других огнетушащих веществ в очаг пожара;

– систему мониторинга и диагностики, включающая в себя датчики и устройства для мониторинга состояния робота, его местонахождение, а также панорамная съемка всего происходящего вокруг, а также благодаря системам диагностики, которые позволяют своевременно обнаруживать и устранять неисправности, обеспечивая надежную работу комплекса;

– систему обучения и адаптации, которая присутствует в моделях нового поколения, которая включает в себя алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта, позволяющие роботу адаптироваться к различным условиям и улучшать свои действия на основе опыта.

Таким образом, роботизированный пожарный комплекс представляет собой сложную систему высокоточных технологий с возможностью обучения и интеграции искусственного интеллекта, включающую в себя различные технологии и устройства для эффективного тушения пожаров и обеспечения безопасности.

Ряд функций и преимуществ роботизированного комплексы выделяющихся перед стандартными способами ликвидации пожара:

– точная подача огнетушащих веществ с помощью, которой робототехнические комплексы способны более точно направлять огнетушащие вещества в очаг пожара, с минимальным потреблением и расходом огнетушащего вещества с сокращением за счет этого материальных потерь;

– способность комплексов действовать автономно, без необходимости в постоянном контроле со стороны человека, что позволяет сосредоточить усилия бойцов пожарной охраны на разведку, разработку четкого плана действий и выбор тактики, с последующим спасением и эвакуацией людей;

– круглосуточная готовность и высокая скорость реагирования, позволяет роботизированным комплексам быстро обнаружить и предотвратить возгорание, что позволяет минимизировать ущерб и снизить риск распространения огня, обеспечивая постоянную защиту объектов, даже когда на них отсутствуют люди;

– улучшенная координация и управление с помощью которых робототехнические комплексы способны передавать данные в реальном времени на пульт управления оператора, либо же на прямую в диспетчерский центр МЧС, что улучшает координацию, взаимосвязь и управление действиями пожарных служб;

– легкость обновления систем и программирования для выполнения различных задач и адаптации к различным климатическим и чрезвычайным условиям.

Следовательно, робототехнический комплекс является совокупностью продуктивности и точности, который не зависимо от условий эксплуатации, выполняет поставленные перед ним задачи, по сравнению с традиционными методами.

Объем трехпроцентного раствора фтоорированного пенообразователя ПО-РЗФ служащим основным компонентом при тушении пожаров обычно рассчитывают:

- исходя из времени работы установки пенного пожаротушения;
- двукратного резерва и постоянной подачи пенообразователя.

Доказанный факт, что эффективным решением для систем пожаротушения служит, хранение пенообразователя в концентрированном виде с использованием резервуаров из нержавеющей стали, которое обеспечивает долговечность и безопасность хранения, а расположение их над верху корпуса робота, оптимизирует пространство и упрощает подачу пенообразователя. Латунные трубы, соединяющие резервуары, обладают хорошей коррозионной стойкостью, легкие, прочные и подходят для транспортировки химических веществ.

Благодаря эжекторным устройствам для дозирования пенообразователя, система точно смешивает пенообразователь с водой, создавая эффективное огнетушащее средство. Это не только экономит пенообразователь, но и повышает эффективность тушения пожаров, позволяя быстро доставлять пену непосредственно в зону горения [31].

Такие инновационные решения в области пожаротушения способствуют не только улучшению безопасности и оперативности реагирования на пожары, но и снижению эксплуатационных расходов за счет более рационального использования ресурсов, например, при ликвидации возгорания по всему периметру помещения, в том числе продуктивно повышать безопасность летательных средств и применяться во внутренних полостях воздушного борта где робототизированные пожарные системы с высокочувствительными датчики располагают в несколько уровней по всей части борта [34].

Вывод: Современные образцы многофункциональных комплексов пожаротушения, разработанные инженерами, не раз показывали себя в деле при тушении пожаров, что означает большой прорыв в области робототехники и технологий, внедряемых в них. В данные комплексы интегрируют многочисленные системы и устройства, которые в свою очередь обеспечивают и показывают высокие показатели в тушении пожаров.

Установки пожаротушения и пожарной сигнализации также играют не маловажную роль в обеспечении безопасности как производственных, так и жилых объектов. Они позволяют быстро обнаруживать и тушить пожары, осуществляя ликвидацию очага, минимизируют ущерб и снижают риск для жизни и здоровья людей. Автоматические системы пожаротушения и сигнализации значительно повышают уровень защиты объекта, на котором они установлены и значительно снижают нагрузку на пожарных.

Робототехнические комплексы пожаротушения представляют собой одни из передовых технологий и разработок, которые позволяют наиболее точно и эффективно подавлять, и не допускать распространения очага возгорания.

Благодаря технологичному программному обеспечению и четких заданных команд, комплексы могут действовать автономно, что в разы увеличивает качество ликвидации пожара, помогает звену ориентироваться в непригодной для дыхания среде и уменьшить риск получения травм и летального исхода.

3 Оценка эффективности внедрения многофункциональных робототехнических комплексов пожаротушения

3.1 Сравнительный анализ применения водяных стволов и пожарных роботов

Эффективная ликвидация пожаров имеет критическое значение для защиты экономики и населения страны. Открытые пожары могут привести к значительным материальным потерям и даже к потере жизней, что в свою очередь, оказывает негативное влияние на демографическую ситуацию.

Совершенствование технических средств для борьбы с пожарами включает в себя разработку новых материалов, технологий и методов тушения, которые могут быстрее и эффективнее справляться с огнем. Это также включает интеграцию современных технологий, таких как дистанционное управление и автоматическое обнаружение очага пожара.

Таким образом, инвестиции в развитие и улучшение технических средств пожаротушения являются важной частью стратегии обеспечения безопасности страны и её граждан.

Пожарный ствол входящий в состав пожарных автомобилей, является важным элементом еще и для и робототизированных систем пожаротушения. В первую очередь такой ствол обеспечивает подконтрольную подачу воды в очаг пожара как пожарным, так и роботизированным комплексом в основу которого внедрен ствол, осуществлять маневренность бойца пожарной охраны работающего на пожаре, а также имея различные насадки и модификации защищает ствольного от перепада высоких температур. Несмотря на высокие успехи в области проектирования пожарных стволов, инженеры и по сегодняшний день продолжают совершенствовать технологию пожарного ствола, внедрять последние разработки и новации в технические характеристики и создавать более легкие и практичные комплектующие к данному стволу. На сегодняшний день, все пожарные стволы проходят

тестирования в реальных условиях пожара, также моделируются новые с применением более легких сплавов и упрощенной конструкцией.

К новейшим и самым передовым разработкам в области пожаротушения инженеры относят multifunctional пожарные форсунки как с ручной, так и автоматической подачи воды и контролем расхода, которые благодаря своим сверхпрочным и легким материалам, позволяют контролировать подачу воды, не смотря на разницу подаваемого давления в сеть. Ручные пожарные насадки играют ключевую роль в процессе пожаротушения, и их эффективность зависит от множества факторов. Вода, огнемеханическая пена и порошок являются основными тушащими средствами, и каждое из них имеет свои преимущества в зависимости от типа пожара.

Конструкция проточной части ствола также влияет на все эти показатели. Например, изменение диаметра или формы сопла может увеличить дальность струи или изменить характеристики пены. Современные насадки часто имеют возможность регулировки, позволяющей пожарным адаптировать параметры струи в соответствии с условиями пожара.

Интеграция с международными стандартами и научно-техническими достижениями позволяет совершенствовать конструкции пожарных насадок, делая их более эффективными и безопасными для использования. Это включает в себя использование новых облегченных и прочных материалов, которые могут выдерживать высокие температуры и химическое воздействие, а также разработку умных систем, которые могут автоматически адаптироваться к различным типам пожаров.

Насадки состоят из корпуса и соединительных насадок. Форсунка же определяет тип струи. Это устройство формирует ствол и направляет струю воды во время пожара. В некоторых случаях для удобства используют ремень или тесьму. Пожарное сопло монтируется на конце напорной трубы пожарного рукава. Существует три типа соединительных головок пожарных сопел: муфта, втулка и штифт. Задача пожарного сопла состоит в том, что

необходимо обеспечить своевременное и надежное соединение пожарного сопла с пожарным рукавом.

В комплект установки входят стандартные пожарные стволы, активно используемых при тушении пожаров пожарными подразделениями России. Во всех пожарных частях. Проверенное временем преимущество стационарных стволов, которым отдают приоритет на сегодняшний день пожарные, является усиленная конструкция в виде опоры, способная вести свою работу на 360 градусов.

В зависимости от количества огнетушащего вещества пожарные сопла классифицируют на пенистые, водянистые и порошкообразные.

На рисунке 18 показано оснащение пожарных машин пожарными стволами в зависимости от региона и дислокации пожарной части, погодных и климатических условий, а также находящимся на борту роботизированных комплексов в Российской Федерации:



Рисунок 18 – Пожарные стволы, находящиеся в комплектации АП и роботизированных комплексов

Все они укомплектованы удлиненной имеющую коническую форму насадкой и производят непрерывную подачу воды с плотной струей, позволяющую точно и своевременно ликвидировать последствия пожара и подавить очаг возгорания.

Возможность изменения геометрических параметров конструкции пожарных насадок действительно может значительно повысить

эффективность пожаротушения. Это позволяет пожарным быстро адаптироваться к различным условиям и типам пожаров, оптимизируя такие параметры, как форма и размер струи.

Конструктивные элементы, такие как вентили и затворы, позволяют легко и быстро блокировать и изменять эти параметры во время работы. Это обеспечивает не только гибкость в использовании, но и повышает безопасность пожарных, позволяя им держаться на безопасном расстоянии от огня.

Современные технологии и материалы также способствуют улучшению конструкции пожарных насадок, делая их более легкими, устойчивыми к коррозии и способными выдерживать экстремальные температуры. Это, в свою очередь, способствует повышению эффективности и безопасности пожаротушения.

Если говорить о самых распространенных моделях пожарных стволов среди пожарных в Российской Федерации, используемых как на бытовых, так и на крупных пожарах, являются стволы РСК-50 и РС-70.

Пожарный ствол РСК-50 обладает:

- точностью подачи воды преобразуемую в компактную и точно направленную распыленную струю воды с минимальными затратами водного потенциала;

- блокированием потока воды за счет своей инженерной конструкции, которая позволяет уменьшить излишнее израсходование воды, тем самым предотвращая материальные потери;

- универсальностью использования в помещениях любого типа, будь это подвал, квартиры или же комната с перегородками;

- долговечностью и надежностью, которая благодаря многолетним трудам инженеров, обеспечила стволу высококачественные и легкие материалами, тем самым увеличив срок эксплуатации ствола и обеспечило работу при любых климатических условиях при минимальном его обслуживании;

Таким образом, пожарный ствол РСК-50 представляет собой простую, но тем временем передовую технологию, которая значительно повышает эффективность и безопасность тушения пожаров в помещениях с небольшой площадью.

Пожарный ствол РС-70 так же обладает функционалом, таких как:

- простота и универсальность ствола помогает бойцам пожарной охраны использовать ствол в различных условиях, включая крупные производственные объекты и объемные склады с твердыми горючими веществами, а также адаптировать ствол под различные условия и требования, что повышает его эффективность и гибкость;

- дополнительная защита от повреждений и загрязнений, что продлевает срок его службы и упрощает обслуживание;

- высокая производительность, за счет инженерных конструкций и высококачественных материалов, продлевает стволу долговечность и обеспечивает высокую производительность с насадкой 19 мм равную 7,4 л/с и 13,6 л/с без насадки при минимальном обслуживании, что экономит время и его ремонт.

Таким образом, ствол РС-70 представляет собой незаменимых инструмент на пожаре, технология которого, значительно повышает эффективность и безопасность тушения пожаров в крупных производственных объектах.

На рисунке 19 представлена современная разработка в области пожарных стволов «Протэк», который комбинирует в себе признаки и свойства стволов РС и РСК, а также новейшие модификации:

- расхода воды от 2,5 л/с до 13-15 л/с;
- дальность подачи струи 25-35 м;
- регулирование угла наклона;
- одновременное орошение и подача струи;
- водяная занавеса и защита;
- удобная прорезиненная ручка.



Рисунок 19 – Пожарный ствол «Протэк»

Таким образом, пожарный ствол «Протэк» представляет собой комбинированную передовую технологию, которая значительно повышает эффективность и безопасность тушения пожаров на любых объектах. Однако его использование требует значительных инвестиций и тщательного обслуживания для обеспечения надежной работы.

Как говорили В.В. Тербнев, С.Г. Казанцев и М.В. Богомолов, что «Эффективность тушения пожара будет выше, если пожарные машины будут оснащены новыми универсальными комбинированными ручными насадками, что значительно упростит работу пожарного отделения и поможет минимизировать ущерб, а также предотвратить жертвы среди населения».

Таким образом, различные модификации, применяемые к пожарным стволам, делают их более функциональными и надежными и позволяют бойцам пожарной охраны выполнять одну из важнейших задач по обеспечению пожаротушения.

Ежедневно в работе пожарного присутствуют множественные риски, связанные с травмоопасностью и смертью, следствием которого является

незнание проектов и плана объектов, по которым поступил вызов, сложность конструкций здания, не укомплектованность личного состава и оборудования, перевозимого в пожарном автомобиле.

Современные здания в большинстве случаев возводятся с нарушением объема, качества и замены используемых материалов, в следствии чего происходит нарушение конструкций. Такие материалы способствуют более быстрому распространению пожара, образованию густого дыма от пластика и утеплителя, образования токсичных газов и повышению температуры.

Разработка таких технологий как роботизированные системы и комплексы, позволяют в наше время, предотвращать различные возгорания, предупреждать людей об аварийной ситуации, не смотря на нарушении технологии строительства.

Одни из первых выпущенных моделей роботизированных комплексов, предназначались для защиты близстоящих зданий, их охлаждения, предотвращая дальнейшее распространение огня по всему периметру здания, обрушение крыши и конструкций.

С развитием технологий новые комплексы обладают более объемным функционалом, способным обнаружить возгорание на начальном его этапе, найти источник горения, рассчитать концентрацию вредных и опасных газов, а также обеспечить звуковой сигнал помощи и ориентирования для людей и личного состава находящихся в непригодной для дыхания среде.

Данные комплексы ежедневно проходят техническое обслуживание при осмотре и передаче инвентаря личным составом, осуществляется как визуальный, так и внутренний осмотр систем, запуск комплекса и проверка подвижности шасси, а также проверяется дистанционное управление, автономность комплекса и взаимодействие систем программного обеспечения с оператором.

Также роботизированные комплексы оснащены системами для работы в задымленной среде и высоких температур, стволы, закрепленные на корпусе

комплекса способны с помощью высокого напора локализовать возгорание на любой его стадии.

Одна из разработок инженеры представлена в виде комплексов – аватаров, способных под контролем и управлением оператора, осуществлять тушение пожаров, а также производить мониторинг происходящей обстановки.

Сравнительная техническая оценка производительности двух систем, различающихся по порядку, показывает, какие значительные возможности присущи новым робототехническим решениям:

- охрана крупных производственных объектов;
- создание направленного потока мощного огнетушащего вещества и доставка его на большие расстояния;
- быстрое тушение пожаров на ранней стадии развития пожара;
- возможность тушения пожара в формате 3D всего защищаемого пространства, включая вертикальные поверхности;
- дальнейшее продолжение тушения пожара после ликвидации пожара.

В этом случае все решение происходит в одной точке защищаемой территории, что исключает необходимость в километрах распределительных труб и затратах на спринклеры.

Также необходимо отметить экономическую составляющую: для охраняемых территорий площадью более 400 м² стоимость оборудования и пуско-наладочных работ для роботизированных систем пожаротушения дешевле, чем для спринклерных систем.

Роботизированные установки рекомендуются для:

- все пожароопасные объекты площадью более 1000 м²;
- высотные здания и сооружения (авиационные ангары, производственные цеха, спортивные комплексы и места большого скопления людей);
- внешние объекты (базы резервуаров для нефтепродуктов и сжиженного газа, нефтяные терминалы и причалы, вертолетные площадки);

– охлаждение металлоконструкций пожароопасных производств.

Для защиты помещений площадью менее 1000 м² серийно выпускаются спринклерные роботы ПРС-10-ИК-УФ, управляемые инфракрасной головкой самонаведения на источник пожара [35].

Их стоимость значительно ниже, чем у пожарных роботов на базе лафетных стволов.

Лампы ПРС-10-ИК-УФ для потолков защитных помещений. В их состав входят:

- насадки;
- приводы регулировки направления струи и угла распыла;
- ультрафиолетовый датчик;
- инфракрасная головка самонаведения;
- блок управления;
- тепловой датчик контроля помещения;
- датчик предупреждения о пожаре.

3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации

В качестве объекта для расчёта оценки эффективности предлагаемых мероприятия по обеспечению техносферной безопасности в организации в рамках настоящей работы рассмотрим целесообразность внедрения в деятельность 11 пожарно-спасательного отряда Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы Главного управления МЧС России по Кемеровской области – Кузбассу робототехнического комплекса для тушения пожара и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций «Ель-4» на гусеничном шасси.

Для расчета показателей экономической эффективности предлагаемых мероприятий составим план финансового обеспечения и смету, результаты которых соответственно представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – План финансового обеспечения мероприятия

Наименование мероприятия	Основание	Стоимость, руб.	Срок реализации	Ответственный
Робототехнический комплекс пожаротушения «Ель-4»	Актуализация современных средств пожаротушения11 пожарно-спасательного отряда ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Кемеровской области – Кузбассу	2000000	2 кв. 2024 г.	Ответственный за ПБ

Таблица 4 – Смета расходов на мероприятие

Наименование рабочей зоны	Робототехнический комплекс пожаротушения «Ель-4»
Стоимость оборудования, руб.	2000000
Стоимость обучения сотрудников пожаротушения11 пожарно-спасательного отряда ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Кемеровской области – Кузбассу, руб.	300000
Установка и монтаж системы комплекса	1000000
Текущие расходы на обслуживание	200000
Итоговая стоимость оснащения, руб.	3500000

Далее выполним расчеты оценки эффективности предлагаемых к реализации мероприятий.

Оценку эффективности мероприятия целесообразно проводить на этапе планирования.

По формуле (1) рассчитаем годовой экономический эффект мероприятий:

$$\mathcal{E}_r = \Pi - \mathcal{Z} \quad (1)$$

где \mathcal{E}_r – годовой экономический эффект, руб.;

П – величина полученного дохода (прибыли) от реализации мероприятия, руб.;

З – затраты на реализацию мероприятия, руб.

Необходимо определить значения П и З.

Определение величины полученного дохода (прибыли) от реализации мероприятия (П):

- снижение ущерба от пожаров;
- уменьшение травматизма бойцов пожарной охраны;
- сокращение ущерба имуществу при тушении пожара;

Пусть П = 5000000 руб.

Определение затрат на реализацию мероприятия (З):

- стоимость оборудования для комплекса «Ель-4»;
- установка и монтаж системы комплекса;
- обучение персонала;
- текущие расходы на обслуживание.

Пусть З = 3500000 руб.

Расчет годового экономического эффекта (\mathcal{E}_r):

$$\mathcal{E}_r = П - З$$

$$\mathcal{E}_r = 5000000 \text{ руб.} - 3500000 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_r = 1500000 \text{ руб.}$$

Величина полученного дохода (прибыли) от реализации мероприятия (П):

- снижение ущерба от пожаров 3000000 руб.;
- уменьшение травматизма бойцов пожарной охраны 500000 руб.;
- сокращение ущерба имуществу при тушении пожара 1500000 руб.

Итого: П = 5000000 руб.

Затраты на реализацию мероприятия (З):

- стоимость оборудования для комплекса «Ель-4» 2000000 руб.;
- установка и монтаж системы комплекса 1000000 руб.;
- обучение персонала 300000 руб.;
- текущие расходы на обслуживание: 200000 руб.

Итого: $Z = 3500000$ руб.

Годовой экономический эффект (\mathcal{E}_r):

$$\mathcal{E}_r = 5000000 \text{ руб.} - 3500000 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_r = 1500000 \text{ руб.}$$

Следовательно, годовой экономический эффект от реализации мероприятия составляет 1500000 руб., а это показывает, что мероприятие является экономически целесообразным и приносит значительную прибыль. Для достижения такого эффекта необходимо тщательно планировать и контролировать затраты, а также обеспечивать эффективное использование полученных доходов.

Такой план финансового мероприятия может быть использован для принятия решений о реализации мероприятия и для оценки его экономической эффективности.

Вывод: Таким образом, внедрение многофункциональных робототехнических комплексов пожаротушения как на объекты промышленности, так и объекты жизнеобеспечения людей, показало значительное повышение эффективности тушения пожаров, так как эти комплексы обеспечивают точную и экономичную подачу огнетушащих веществ в очаг пожара с минимальными материальными потерями.

Сравнительный анализ показал, что пожарные роботы имеют ряд преимуществ перед традиционными водяными стволами, так как роботы работают автономно, что повышает безопасность не только объекта, на котором они установлены, но и участников пожара, минимизируя риск для

жизни и здоровья людей, а также повышают общую безопасность организации.

Обеспечение и развитие техносферной безопасности является критически важной и неотъемлемой задачей для любой организации, стремящейся минимизировать риски и потери среди персонала, связанные с авариями, катастрофами и другими чрезвычайными ситуациями.

В условиях современного мира, где высокие технологии и их стремительное развитие становятся все более востребованными, высокоинтеллектуальными и сложными, где люди управляя роботами спасают жизни и ликвидируют чрезвычайные ситуации, необходимость внедрения эффективных мероприятий по обеспечению безопасности, как на производственных объектах, так и объектах жизнедеятельности людей, становится все более очевидными и первоочередными.

Несмотря на значительные затраты и обслуживание, их положительные результаты оправдывают все вложенные инвестиции. Внедрение современных технологий и методов, использование робототехнических комплексов, разработка и внедрение новых технологий, обучение и подготовка персонала, а также мониторинг и управление позволяют значительно повысить уровень безопасности и надежности технических систем и объектов, обеспечить комфортную и безопасную обстановку персоналу, а также бесперебойную работу производства.

Следовательно, данные мероприятия способствуют созданию более безопасной, надежной и стабильной среде, что является одним из важных шагов на пути к обеспечению техносферной безопасности.

Создание в будущем пожарных роботов с искусственным интеллектом, также помогут обеспечить безопасность в области техносферной безопасности, многофункциональность и стабильность данных систем сократит до минимума аварии в жизнедеятельности людей, открыв новые перспективы в безопасном производстве.

Заключение

Робототехнические средства пожаротушения играют важную роль в современных системах безопасности. Они не только обеспечивают безопасность пожарных, но и повышают эффективность тушения пожаров.

Такие технологии не только уменьшают риски для жизни и здоровья пожарных, но и могут способствовать более быстрому и эффективному реагированию на пожары, что в конечном итоге может спасти больше жизней и сократить материальный ущерб. Регулярное обновление и анализ робототехнических систем, а также нормативной документации, несомненно, являются ключевыми аспектами для поддержания высокого уровня пожарной безопасности.

Робототехнические установки, оснащённые современными техническими средствами и системами связи, включая видеокамеры, играют ключевую роль в повышении эффективности и безопасности операций по тушению пожаров и экономии человеческих трудозатрат, а также сохранения жизни и здоровья участников тушения пожара.

Это важное направление в развитии технологий пожарной безопасности и требует постоянного внимания к инновациям и улучшению существующих систем.

В первом разделе описаны особенности тушения пожаров, проведён анализ их последствий, а также возникновений. Рассмотрены возможности применения мобильной робототехники при тушении пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Вывод по первому разделу: Использование пожарных автономных комплексов значительно увеличивает безопасность работы при тушении пожаров и сводит к минимуму количество пострадавших, а также позволяет осуществить работу в экстремальных условиях исключая риски травмирования и гибели сотрудников, благодаря своей способности работать в опасных условиях проникая в зоны, которые ранее были недоступны для

людей из-за высоких температур или загрязнения, таким образом, расширяя возможности поиска и спасения.

Это не только улучшает условия работы пожарных, но и способствует более быстрой локализации и ликвидации очагов пожара, что может значительно снизить материальный ущерб и спасти жизни. Развитие и интеграция робототехнических систем в практику пожаротушения требует продолжения исследований и инвестиций в технологии, а также обновления нормативной базы для их эффективного использования.

Во втором разделе описаны современные образцы многофункциональных комплексов пожаротушения, установки пожаротушения и пожарной сигнализации, а также робототехнические комплексы пожаротушения, их применение в повседневной деятельности человека и их высокоэффективность на производственных объектах.

Вывод по второму разделу: современные установки пожаротушения и пожарной сигнализации являются важным и неотъемлемым компонентом при обеспечении безопасности производственных объектов и объектов жизнедеятельности людей. Благодаря высокотехнологичным датчикам дыма, данные комплексы осуществляют мгновенное распознавание задымления, что в свою очередь локализует последствия чрезвычайной и аварийной ситуации, предотвращая возгорание и его дальнейшее распространение.

Надежное функционирование данных систем зависит от грамотного технического обслуживания, правильности подключения и монтажа специалистом к системам производства, своевременное тестирование системы и установку нового программного оборудования.

Робототехнические комплексы пожаротушения в свою очередь, представляют собой инновационное решение, которое может значительно повысить эффективность и обеспечить безопасную ликвидацию пожара. Данные комплексы являются роботизированными и оснащены системами кругового обзора и благодаря заданным параметрам и оборудованию находящимся на них, осуществляют разведывательные действия,

обнаружение пострадавших и локализацию горения. Применение робототехнических комплексов позволяет снизить риск для жизни и здоровья пожарных, а также увеличить скорость и точность проведения спасательных операций. Однако для успешного внедрения таких комплексов необходимо обеспечить их интеграцию с существующими системами пожаротушения и пожарной сигнализации, а также провести обучение персонала.

В третьем разделе рассмотрена оценка эффективности внедрения многофункциональных робототехнических комплексов пожаротушения и сравнительный анализ применения водяных стволов и пожарных роботов.

Вывод по третьему разделу: сравнительный анализ применения водяных стволов и пожарных роботов показывает, что роботы имеют ряд преимуществ перед традиционными методами тушения пожаров. Роботы могут работать в условиях, которые слишком опасны для людей, таких как высокие температуры и токсичные газы. Они также могут быть оснащены различными средствами пожаротушения, что позволяет более гибко и эффективно реагировать на различные ситуации. Однако стоит отметить, что роботы требуют значительных первоначальных затрат на приобретение и обслуживание. Тем не менее, их использование может привести к значительному снижению рисков для жизни и здоровья пожарных, а также к увеличению эффективности и скорости проведения спасательных операций.

Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации показывает, что внедрение многофункциональных робототехнических комплексов пожаротушения может значительно повысить уровень безопасности. Эти мероприятия включают в себя установку и обслуживание робототехнических комплексов, обучение персонала, а также интеграцию новых технологий с существующими системами пожаротушения и пожарной сигнализации. Важно отметить, что успешное внедрение таких мероприятий требует комплексного подхода и учета всех аспектов, включая технические, организационные и экономические факторы.

Список используемых источников

1. Алексеев О.М., Бондарев Д. И. Перспективы развития беспилотного и муниципального авиационного транспорта. Системы обработки информации. 2021. № 8. С. 10–16.
2. Алешков М.В. Особенности развития и тушения пожаров, возникающих по причине нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования // Пожары и чрезвычайные ситуации: предупреждение, ликвидация. 2022. № 3. С. 54-57.
3. Артемьев Н.С., Подгрушный А.В., Сверчков Ю.М., Григорьев А.Н. Пожарная тактика. М.: Академия ГПС МЧС России, 2022. 140 с.
4. Бутко Д.Ю. Развитие робототехнических систем специального назначения в системе МЧС // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2022. №1. С. 432–437.
5. Ведерко С. Н. Аварийно-спасательная подготовка: учебное пособие. – Минск: РИПО. 2020. 264 с.
6. Веселовацкий В.Е. Робототехника, используемая для тушения пожаров // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов X Всероссийской научнопрактической конференции. 2022. С. 55–58.
7. Власов К.С. Методика оценки тактических возможностей робототехнических средств при тушении пожара // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. 2022. № 2. С. 225-230.
8. Власов К.С. Обоснование необходимости применения робототехнических средств для повышения тактических возможностей пожарных подразделений// Пожарная безопасность. 2021. № 4. С. 53-60.
9. Власов К.С. Перспективы применения наземных робототехнических средств на пожарах в условиях отрицательных температур // Пожарная безопасность. 2021. № 1. С. 116-121.

10. Гобань Ю.И. Пожарные роботы в современных технологиях автоматического пожаротушения // Алгоритм безопасности. 2021. № 3. С. 66-71.
11. Дунаева, О. А. Применение мобильной робототехники при тушении пожаров // Молодой ученый. 2023. № 11. С. 26-30.
12. Жаров А.С. Современное решение задач водопенного пожаротушения // Пожарная безопасность в строительстве. 2022. № 2. С. 53-57.
13. Жогова В.В. Робототехника, применяемая для обеспечения пожарной безопасности // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Научный и практический подходы к развитию и реализации технологий безопасности: сборник статей по материалам XVII Международной научно-практической конференции. Воронеж. 2021. С. 566–571.
14. Иванов В.В. Актуальные проблемы пожарной безопасности // Материалы XXXIII Международной научнопрактической конференции, посвященной Году науки и технологий. М.: 2022. С. 33-34.
15. Костриков С. В. Геоинформационное моделирование природно-антропогенной окружающей среды: научная монография. Харьков: ХНУ им. В. Н. Каразина, 2014. 484с.
16. Масаев В.Н. Основы организации и ведения аварийноспасательных работ. Спасательная техника и базовые машины: учебное пособие для слушателей, курсантов и студентов Сибирской пожарноспасательной академии ГПС МЧС России. 2021. 179 с.
17. Матюшин А.В., Цариченко С.Г. Технологии применения робототехнических средств для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ: учеб. Пособие. М.: ВНИИПО. 2021. 88 с.
18. Никитин А.В. Использование робототехники при тушении пожаров // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2021. № 9. С. 655–657.

19. Путренко В.В. Интеллектуальный анализ угрозы возникновения природных пожаров на базе геоинформационных технологий. Проблемы непрерывного географического образования и картографии: сб. научных работ. Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина. Харьков. 2022. № 19. С. 48.
20. Родионова И.А. Экономическая география. М.: Пожарнадзор. 2021. 288 с.
21. Савин М.В., Иванов А.В., Картеничев А.Ю. Разработка рекомендаций по использованию многофункциональных робототехнических комплексов пожаротушения для проведения аварийно-спасательных операций и тушения пожаров на объектах хранения и уничтожения химического оружия, ядерно- и радиационноопасных объектах и арсеналах боеприпасов. Отчет по НИР «Робототехника». М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России. 2020. 18 с.
22. Терещин А.В., Терещин В.В. Управление силами и средствами на пожаре. М.: Спецтехника. 2022. 190 с.
23. Тодосейчук С.П. Взаимодействие аварийно-спасательных формирований министерств и ведомств РСЧС при ликвидации радиационных аварий с применением робототехнических средств // Стратегии гражданской защиты: проблемы и исследования. 2022. № 3. № 1. С. 296-303.
24. Тодосейчук С.П. Научно-методические основы создания и применения робототехнических средств для решения задач МЧС России. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). 2021. 192 с.
25. Тодосейчук С.П. Научно-практические основы создания робототехнических средств для ликвидации чрезвычайных ситуаций // 25 лет - от идей до технологий. Сб. научно-технических трудов. М.: ВНИИ ГОЧС, 2021. С. 246-256.
26. Тодосейчук С.П. Эффективность применения и перспективы развития наземных робототехнических средств // Технологии гражданской безопасности. 2022. №3. С. 61-65.

27. Цариченко С.Г. Направления развития экстремальной робототехники МЧС России с учетом опыта практического применения // Экстремальная робототехника. 2023. № 1. С. 21-24.
28. Цариченко С.Г. Обоснование необходимости применения робототехнических средств для повышения тактических возможностей пожарных подразделений // Пожарная безопасность. 2022. № 4. С. 53-60.
29. Цариченко С.Г. Организация тушения крупных пожаров с совместным использованием робототехнических средств и технологий термовизуального мониторинга // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2022. № 3. С. 31-36.
30. Цариченко С.Г. Стационарные роботизированные комплексы пожаротушения как составная часть автоматических установок пожаротушения / Алгоритм безопасности. 2022. № 5. С. 56-58.
31. Цариченко С.Г. Экстремальная робототехника в МЧС России - задачи и перспективы // Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. 2022. №28 С. 97-105.
32. Bouabdellah K., Noureddine H., Larbi S. Automated irrigation management platform using a wireless sensor network. 2019. No 12. P. 610 – 615.
33. Bouabdellah K., Noureddine H., Larbi S. Using Wireless Sensor Networks for Reliable Forest Fires Detection. Procedia Computer Science. 2013. No19. P. 794– 801.
34. Polyanskii P. V., Husak Ye. M. Optical correlation approach to all-optical holographic associative memories. Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). 2014. Vol. 23, No 1, P. 12–25.
35. Polyanskii P. V., Husak Ye. M. Self conjugation heteroassociative memories using thin static nonlinearly recorded holograms. Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). 2014. No 2. P. 74–83.
36. Polyanskii P. V., Husak Ye. M. Volume quadric hologram-based associative memories. Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). 2014. Vol. 23, No 4. P. 225–232.