

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)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Пожарная безопасность

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Применение дронов для мониторинга пожароопасных зон и оперативного реагирования на возможные угрозы

Обучающийся

Д.Ю. Резник

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Н. Жуков

(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

Аннотация

Тема: «Применение дронов для мониторинга пожароопасных зон и оперативного реагирования на возможные угрозы».

В разделе «Анализ актуальности использования дронов в техносфере» представлена актуальность использования дронов для мониторинга пожароопасных зон и оперативного реагирования на возможные угрозы.

В разделе «Теоретические основы применения дронов в пожарной безопасности» анализируются технические аспекты применения дронов в пожарной безопасности: описание специализированных технологий и оборудования, используемых на борту дронов для мониторинга и оперативного реагирования на пожары.

В разделе «Разработка мероприятий для использования дронов для мониторинга пожароопасных зон» представлено описание разработанных программ и методик использования дронов для мониторинга пожароопасных зон: представление разработанных алгоритмов и программного обеспечения для эффективного мониторинга.

В разделе «Охрана труда» производится оценка уровней профессионального риска на рабочих местах предприятия.

В разделе «Охрана окружающей среды и экологическая безопасность» оформлены результаты производственного экологического контроля по предприятию.

В разделе «Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях» разрабатывается паспорт безопасности объекта.

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» выполнена оценка эффективности разработанных мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Количественная характеристика: объем работы составляет 61 страницу, 6 рисунков, 21 таблицу.

Содержание

Введение.....	4
Термины и определения	6
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Анализ актуальности использования дронов в техносфере	9
2 Теоретические основы применения дронов в пожарной безопасности	14
3 Разработка мероприятий для использования дронов для мониторинга пожароопасных зон	21
4 Охрана труда.....	28
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность	42
6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях	48
7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности	50
Заключение	56
Список используемых источников.....	59
Приложение А Паспорт безопасности.....	62

Введение

Дроны, также известные как беспилотные летательные аппараты (БПЛА), быстро завоевали популярность благодаря своим разнообразным применениям, включая аэрофотосъемку, доставку посылок и спорт [1, 2]. Оснащенные различными аппаратными компонентами и управляемые с помощью сложного программного обеспечения, дроны могут летать автономно, устраняя необходимость в пилотах-людях [3, 4]. Их интеллект, скорость и передовые технологии сделали их ценными инструментами для задач наблюдения и мониторинга [5]. Расширяя их возможности, многие исследователи предлагают усовершенствовать дроны для целей пожаротушения, создав дроны (FED) за счет интеграции датчиков обнаружения пожара и средств тушения [6].

Острая потребность в дронах обусловлена ограничениями традиционных методов пожаротушения [7]. Когда пожары возникают из-за стихийных бедствий или человеческой халатности, они часто быстро принимают катастрофические масштабы, нанося существенный ущерб. Крупномасштабные лесные пожары, вызванные такими событиями, как удары молний, оказываются особенно сложными, непредсказуемыми и неконтролируемыми [8]. Существующие методы пожаротушения, основанные на использовании воды, химических и газообразных огнетушащих средств, часто не обеспечивают эффективной борьбы с обширными пожарами и представляют значительный риск для безопасности пожарного персонала.

Помимо этих проблем, урбанизация и строительство более высоких зданий усложняют борьбу с пожарами. Заторы на дорогах приводят к задержке реагирования, что затрудняет способность пожарных команд быстро добраться до пострадавших районов [9]. Растущая плотность населения, когда здания строятся ближе друг к другу, создает дополнительные препятствия для использования обычного пожарного оборудования [10]. Для решения этих критических проблем исследователи рассматривают дроны как потенциальное

преобразующее решение.

Цель исследования – повышение эффективности мониторинга пожароопасных зон и оперативного реагирования на возможные угрозы.

Задачи:

- описать актуальность использования дронов для мониторинга пожароопасных зон и оперативного реагирования на возможные угрозы;
- определить основные цели и задачи, связанные с применением дронов в области пожарной безопасности;
- представить понятие дрона и его технические характеристики: описание основных типов дронов, используемых для мониторинга пожароопасных зон;
- рассмотреть значение использования дронов для мониторинга пожароопасных зон: анализ преимуществ и возможностей применения дронов в предотвращении и реагировании на пожары;
- описать технические аспекты применения дронов в пожарной безопасности: описание специализированных технологий и оборудования, используемых на борту дронов для мониторинга и оперативного реагирования на пожары;
- представить описание разработанных программ и методик использования дронов для мониторинга пожароопасных зон: представление разработанных алгоритмов и программного обеспечения для эффективного мониторинга;
- произвести оценку эффективности применения дронов в реальных условиях: проведение апробации программы с использованием дронов и анализ полученных результатов.

Термины и определения

В настоящей работе применяются следующие термины с соответствующими определениями.

Анализ опасностей – «это метод, используемый для проверки рабочего места на наличие опасностей, которые могут привести к несчастным случаям» [9].

Оценка воздействия на окружающую среду – «вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления» [3].

Загрязнение окружающей среды – «поступление в окружающую среду вещества и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду» [3].

Нормативные документы по пожарной безопасности – национальные стандарты, своды правил, содержащие требования пожарной безопасности (нормы и правила), правила пожарной безопасности, а также действовавшие до дня вступления в силу соответствующих технических регламентов нормы пожарной безопасности, стандарты, инструкции и иные документы, содержащие требования пожарной безопасности.

Оценка профессиональных рисков – «это выявление возникающих в процессе осуществления трудовой деятельности опасностей, определение их величины и тяжести потенциальных последствий» [9].

Охрана труда – «вид деятельности, неотъемлемый элемент трудовой и производственной деятельности, направленный на сохранение трудоспособности наемного работника и иных приравненных к ним лиц; и представляющий из себя систему правовых, социально-экономических, организационно-технических, санитарно-гигиенических, лечебно-профилактических, реабилитационных и иных мероприятий» [9].

Пожарная безопасность объекта защиты – «состояние объекта защиты, характеризующее возможность предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [8].

Пожарная опасность веществ и материалов – «состояние веществ и материалов, характеризующее возможность возникновения горения или взрыва веществ и материалов» [8].

Противопожарный режим – «комплекс установленных норм поведения людей, правил выполнения работ и эксплуатации объекта (изделия), направленных на обеспечение его пожарной безопасности» [8].

Система обеспечения пожарной безопасности – «совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами» [8].

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе применяются следующие сокращения и обозначения:

АПФД – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

БПЛА – беспилотный летательный аппарат.

ДПД – добровольная пожарная дружина.

ИТП – индивидуальный тепловой пункт.

КПД – коэффициент полезного действия.

ОРО – объект размещения отходов.

ОТ – охрана труда.

СИЗ – средство индивидуальной защиты.

ТКО – твёрдые коммунальные отходы.

ФККО – федеральный классификационный каталог отходов.

FED – дрон-огнетушители.

GPS – система спутниковой навигации.

PSS – полифениленсульфид.

1 Анализ актуальности использования дронов в техносфере

Большинство традиционных методов обнаружения лесных пожаров (на обширных территориях) основаны на обнаружении загораний и пожаров с помощью патрулей людей, детекторов дыма, тепловых детекторов и сторожевых вышек, оснащенных оптико-электронными камерами.

Патрулирование людьми характеризуется ограниченным полем зрения, необходимыми перемещениями человеческого организма и высоким процентом ложных тревог и предполагает обнаружение дыма или огня с использованием зрения, дополнительно оснащенного, например, биноклем или камерой с панелью отображения [10].

Другие методы обнаружения пожаров на обширных территориях включают использование спутниковых снимков. Спутники обеспечивают полный охват территории, однако разрешение изображения и потенциальное наблюдение за опасностями пожара в режиме реального времени сопряжены с трудностями, что делает эту систему менее эффективной из-за длительности обработки информации.

Хотя традиционные воздушные суда могут быть эффективной системой для обнаружения возникновения загораний и пожаров, они влекут за собой ряд опасностей и эксплуатационных расходов, например, техническую безопасность полетов. Использование самолетов для обнаружения возгораний приводит к значительным затратам, связанным с приобретением зачастую дорогостоящих летательных аппаратов. Это также включает обучение персонала и, следовательно, подвергание человеческой жизни прямой опасности, особенно во время полетов на малых высотах и в дыму [11]. Примерно 80 пилотов погибли во время операций по тушению пожаров в РФ за последние 20 лет [10]. В отличие от традиционных систем, при разработке современных решений инженеры обращаются к автономным дронам. БПЛА (беспилотные летательные аппараты) – это автоматические системы, которые могут получать информацию из зон повышенного риска. Они часто дают

представление о местах, труднодоступных для обычных пожарных машин, например, из-за маневренности, скорости полета или мобильности. Они также могут выполнять полеты ночью, не рискуя человеческой жизнью из-за полетов в сложных условиях. Во время выполнения задания беспилотные летательные аппараты гарантируют передачу данных в режиме реального времени, предоставляя пожарным информацию, необходимую для проведения операций по тушению пожара и контроля за их распространением. Это влечет за собой ряд преимуществ, связанных, например, с динамикой полета БПЛА, ценой и адаптивностью. Таким образом, эти БПЛА стали одним из важнейших элементов при обнаружении пожаров на обширных территориях.

Концепция дронов имеет более чем 150-летнюю историю, начиная с устройств связи и превращаясь в военные инструменты во время войны. Достижения, включающие радиосигналы и технологию GPS, привели к разработке современных БПЛА и дронов. Важны последние достижения в области технологий пожарных дронов, в которых подробно описываются тип дрона, контроллер полета и используемая технология пожаротушения.

Защита и спасение жизней и имущества, тушение пожаров являются основными задачами пожарных подразделений. До недавнего времени во многих местах использовались автоцистерны, автолестницы и пожарные рукава с малой технологичностью механизмов и способов тушения. Но теперь на смену этим низкотехнологичным машинам приходят пожарные дроны.

Для стационарных систем пожарной разведки обычно используются камеры и оператор, использующий бинокль, или используются другие средства связи. Такая разведка пожаров неэффективна, поскольку требует определенных финансовых затрат и подтверждения загорания чаще всего оператором, ответственным за данный лесной округ (зону) [2]. Время всегда является решающим параметром при тушении пожара [9]. Распространение пожара на такой территории также представляет угрозу для природной среды, включая флору, фауну и лесных животных, находящихся в пределах открытой территории [11].

По сравнению со старыми методами дроны более полно помогают в борьбе с огнем. Из-за растущей урбанизации, дорожного движения, более высоких зданий и новых опасных веществ, используемых в строительстве, пожарные рассматривают технологии дронов, которые помогут им в достижении своих целей [10]. К коммерческим дронам добавляются новые технологии, такие как электронные и газовые датчики, термостойкие материалы, улучшенные камеры, автономные и групповые операции, а также увеличенная дальность действия.

Платформы обнаружения загораний и пожаров устанавливаются на борту беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), а дроны оснащены различными датчиками для обнаружения регистрируют данные опасные ситуации.

Основная задача мобильного датчика, расположенного на борту платформы беспилотного летательного аппарата, заключается в выявлении, наблюдении и прогнозировании распространения пожара на обширных территориях.

Часто, пожарные пытаются потушить природный пожар, имея очень мало информации о размерах и масштабах пожара. Но пожарные дроны помогают решить эту проблему, предоставляя более точную информацию о распространении огня.

В этом исследовании мы рассмотрим метод обнаружения пожара с помощью тепловых датчиков, системы GPS-слежения и движущейся тепловизионной инфракрасной камеры, установленных на беспилотном летательном аппарате (БПЛА).

Надлежащее функционирование систем обнаружения пожара (стационарной и мобильной) также требует эффективной организации систем электроснабжения – как основного, так и резервного. Взаимодействие между стационарными и мобильными системами особенно важно на так называемых обширных территориях. Эти объекты часто являются частью так называемой критической инфраструктуры государства, например, аэродромов, военно-

морских или топливных баз и железнодорожных районов со станциями и депо. В таком случае наблюдение за пожарами на значительном расстоянии от конкретных сооружений могло бы осуществляться БПЛА, а информация об опасности могла бы передаваться стационарной системой в пожарные подразделения. Такое взаимодействие позволяет распределить меры по обнаружения загораний и пожаров в пределах пожароопасной зоны.

Два движущихся дрона, БПЛА (или, возможно, один или целый рой) оснащены различными датчиками для обнаружения опасных объектов, таких как дым и пламя. Идентификация также основана на двух камерах для обнаружения изображений в видимом диапазоне и инфракрасных электромагнитных волнах. Наблюдательные платформы и беспилотные летательные аппараты обладают определенными техническими параметрами, которые определяют продолжительность операции тушения:

- технический: например, максимальная скорость движения; допустимое наблюдение ширина оптической системы камеры; максимальное время полета БПЛА на аккумуляторе; передатчики и приемники управляющих сигналов БПЛА, т.е. частотный диапазон, полоса частот, мощность, используемые помехоустойчивые модуляции, энергопотребление в различных режимах функционирования (передача, прием, режим ожидания, обнаружение и тревога);
- тактический: размеры платформы и дрона, вес, устойчивость конструкционных материалов к ударам, перегрузкам, время развертывания БПЛА, время взлета БПЛА после получения сигнала опасности, допустимая дальность полета БПЛА в условиях поиска, обнаружения и мониторинга, устойчивость сигналов приемопередатчика к помехам [12].

В проектах дронов для пожаротушения есть конкретные рекомендации по будущей работе. Прежде всего, выбор типа дрона имеет решающее значение, поскольку все последующие действия и ограничения тесно связаны

с выбранным типом дрона. В зависимости от характера предполагаемой операции можно выбирать различные типы дронов.

Методами исследования является обзор исследования, которые будут использованы для создания мобильного беспилотного летательного аппарата, позволяющего вести разведку пожаров и прогнозировать пожароопасность на обширной территории в зависимости от времени, например, в лесах, горах и труднодоступных местах, таких как болота.

Вывод по разделу.

В разделе определено, что идентификация пожарной опасности с помощью беспилотных летательных аппаратов в настоящее время все еще находится в стадии технической разработки.

В этом исследовании мы рассмотрим метод обнаружения пожара с помощью тепловых датчиков, системы GPS-слежения и движущейся тепловизионной инфракрасной камеры, установленных на беспилотном летательном аппарате (БПЛА).

2 Теоретические основы применения дронов в пожарной безопасности

Летательные аппараты, которые управляют из зоны дистанционного управления, называются беспилотными летательными аппаратами (БПЛА).

Дроны можно разделить на различные типы в зависимости от их конструкции, назначения и функций. В широком смысле их можно разделить на дроны с неподвижным крылом, нанодроны, однороторные дроны, FPV-дроны и многороторные дроны.

В этом исследовании информация о дронах других типов, кроме мультироторных, не приводилась. Мультироторы предпочтительнее других БПЛА из-за их маневренности, возможностей вертикального взлета и посадки, а также способности зависать в воздухе. Термин «мультиротор» — это общее название беспилотных летательных аппаратов, которые работают с несколькими несущими винтами и пропеллерами. Вариации зависят от количества несущих винтов и пропеллеров [13].

Дроны различаются по внешнему виду, производительности и специализированным качествам, например, весу, размаху крыла, нагрузке на крыло, наибольшей высоте, скорости и стоимости создания.

Отсортированы дроны с учетом оптимальной конструкции, по посадке и весу и дальности действия. Кроме того, дроны устроены с учетом их моторного типа. Разрабатываются два основных типа роботов: неподвижные и многороторные беспилотные летательные системы (БПЛА). Эти роботы используют различные датчики, такие как камеры, LiDAR и Kinect, которые легко доступны для интеграции в их разработку. Дроны подразделяются на несколько типов, включая мультикоптеры (например, квадрокоптеры), с неподвижным крылом, с одним винтом и гибридные конструкции с неподвижным крылом. Среди них мультироторные дроны, в частности квадрокоптеры, предлагают явные преимущества перед другими типами благодаря своей стабильности, высокой маневренности и более низким

затратам, связанным как с покупкой, так и с обслуживанием. Мультироторные дроны обычно имеют более двух лопастей с фиксированным шагом, что способствует их устойчивости и маневренности во время полета. Эти характеристики делают их особенно подходящими для различных применений, включая аэрофотосъемку, наблюдение и сброс различных предметов, в том числе средств тушения пожара [14].

Их способность зависать на месте, вертикально взлетать и приземляться повышает удобство использования в городских условиях и ограниченных пространствах, где маневренность имеет решающее значение. Напротив, дроны с неподвижным крылом известны своей большей продолжительностью полета и эффективностью в преодолении больших расстояний благодаря своей аэродинамической конструкции. Они хорошо подходят для задач, требующих обширного покрытия территории [15].

Квадрокоптеры достигают движения вверх за счет одновременного вращения четырех пропеллеров с одинаковой скоростью и в разных направлениях. Аэродинамическая тяга, создаваемая пропеллерами, заставляет БПЛА отрываться от земли. В отличие от вертолетов, у которых есть хвостовой винт для предотвращения неконтролируемого вращения вокруг собственной оси, четырехвинтовые счетверенные лишены этой функции из-за конструктивных ограничений. Вместо этого, чтобы противодействовать неконтролируемому тангажу, гребные винты вращаются в разных направлениях, создавая уравнивающую силу. Если рассматривать их крест-накрест, то два вращаются по часовой стрелке, а два других вращаются против часовой стрелки, имитируя эффект рулевого винта в вертолетах. Любое дополнительное раскачивание вправо или влево уравнивается путем регулировки соотношения мощностей двигателей, что, по сути, управляет движением по трем осям в зависимости от доли мощности, подаваемой на каждый двигатель.

Дрон-квадрокоптер представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Дрон-квадрокоптер

В случае мультиротора этого типа с 6 двигателями (рисунок 2) некоторые двигатели вращаются по часовой стрелке, а другие вращаются против часовой стрелки, используя крутящий момент двигателей для выполнения вращательных или стационарных движений вокруг своей оси. Подобно квадрокоптеру, в зависимости от конфигурации полета его можно называть режимом гексакоптер. Это широко используемая модель в аэрофото- и видеосъемке. Наличие 6 двигателей обеспечивает преимущества как при подъеме тяжелых грузов, так и при устойчивости.



Рисунок 2 – Гексакоптер

Октокоптер — разновидность мультикоптера с 8 двигателями. Из-за большего количества моторов он предпочтителен для съемок с воздуха. Как и во многих других типах мультикоптеров, вращательное или стационарное

движение вокруг собственной оси контролируется путем регулировки скорости двигателей. При этом 4 двигателя вращаются по часовой стрелке, а 4 – против часовой стрелки, обеспечивая движение по оси рыскания. Версия с двумя моторами на каждом рычаге, всего 8 моторов, называется X8 (рисунок 3).



Рисунок 3 – Дрон-октокоптер.

Трехкоптерный дрон: по логике полета этот тип больше всего напоминает модель вертолета. Он оснащен тремя двигателями, расположенными на корпусе в форме буквы Y или T (рисунок 4). Расположенный сзади (хвостом) двигатель совершает наклонное движение (наклоняется вправо или влево), предотвращая вращение мультикоптера вокруг собственной оси, как это делает модель вертолета, и обеспечивая возможность рыскания (вращение вокруг своей оси).



Рисунок 4 – Трикоптер-дрон.

Интеграция передовых датчиков, таких как LiDAR и Kinect, еще больше расширяет возможности как неподвижных, так и многороторных дронов, позволяя им выполнять задачи с более высокой точностью и автономностью. Эти датчики предоставляют ценные данные для таких задач, как картографирование местности, обнаружение объектов и мониторинг окружающей среды. В заключение, хотя и беспилотные летательные аппараты, и многокоптерные дроны имеют свои явные преимущества и области применения, многокоптерные дроны, особенно квадрокоптеры, выделяются своей стабильностью, маневренностью и экономической – эффективностью, что делает их популярным выбором в различных отраслях для беспилотных летательных систем. Более того, оборудование и программные части БПЛА планируются с учетом их мотивации и использования [20].

Камера, используемая в качестве части решений, является обычной (для нее не требуются передовые технологии и обработка) инфракрасной камерой. Она не обеспечивает измерение температуры, но предоставляет возможность оценки интенсивности излучения для всего записанного кадра (записанного изображения). Затем предлагаются пороговые значения полученных результатов измерений для сегментации распространения пожара в пределах заданной области. Следующий этап работы алгоритма обработки включает в себя предложение пороговых значений интенсивности излучения в спектральном диапазоне, которые могут быть применены для сегментации явления пожара (пороговые значения могут динамически изменяться системой или вручную операторами, участвующими в процессе обнаружения или тушения пожара). Принятое решение включает методы определения порога, основанные на предварительном обучении с использованием искусственных нейронных сетей [16].

Этап обучения всегда требует выбора обучающих изображений (пожаров различной, например, интенсивности, величины, объема дыма) и соответствующие желаемые пороговые значения определяются опытным

пользователем. Этап обучения всегда включает определение базовых условий, при которых пиксели должны рассматриваться как принадлежащие данному интересующему объекту, в данном случае источнику возгорания [17]. На предварительном этапе создается так называемый контур сегментированных областей заданной пожарной опасности. Однако этот контур дополнительно характеризуется особыми параметрами для различения пикселей контура, связанных с так называемым фронтом пожара. Это также включает определение пикселей, относящихся к верхней части пламени в данном очаге. Это обеспечивает высоту пламени, всегда выраженную в координатах пикселей. Пожары всегда характеризуются динамическими свойствами основания пламени и пламенем в пределах опасности, распространяющимся на обширную площадь. Положение пикселей базовой линии пожара на плоскости изображения камеры (панели формирования изображения) всегда изменяется медленнее, чем положение пикселей пламени, что является явлением, динамичным на протяжении продолжительности изображения (например, мерцание пламени пожара определяется диапазоном низких частот) [18]. Другой подход к прогнозированию и обнаружению пожара предполагает использование бесконтактного инфракрасного датчика на борту БПЛА. В таком случае беспилотный летательный аппарат, оснащенный так называемым пилотом Ardu, летит автономно по заранее установленному маршруту в пределах обширной территории [19]. Связь в таких решениях гарантируется беспроводным каналом передачи данных, частота которого чаще всего составляет 433 МГц из-за распространения электромагнитных волн на очень малых высотах с учетом ослабления естественных препятствий, например, деревьев [20]. Затем маршрутизатор на борту платформы беспилотных летательных аппаратов отправляет телеметрические данные на интернет-сервер. Позже эти данные будут доступны онлайн, на веб-сайте, доступном операторам, участвующим в операции по тушению пожара. Рассмотренная система способна обнаруживать лесные пожары с минимальной высоты до 20 м и при постоянной скорости полета до 5 м/с. Это

решение отличается высокой простотой и низкими себестоимостью. К сожалению, использование только датчика температуры технически неэффективно с точки зрения подачи сигнала пожарной опасности, но может представлять собой функционирующий базовый мобильный детектор пожара. Обоснование обнаружения загорания или пожара исключительно на основе данных о температуре поверхности земли вполне приемлемо, однако этого недостаточно с точки зрения динамического процесса тушения пожаров на обширной территории, особенно в случае так называемого явления «огненной бури». В этом случае порог срабатывания для данной температуры идентификации, заданный оператором или нейросетевой системой, может быть очень сложным с точки зрения применения в процессе обнаружения, особенно на ранних стадиях пожара – низкие значения сторон так называемых компонентов треугольника пожара (температура, горючее вещество и кислород) [18]. Мобильный мониторинг пожаров использует все доступные технологии беспроводной связи и локальную систему на базе БПЛА для предварительной обработки последовательности динамических изображений, меняющихся с течением времени, изменяющийся процесс или состояние пожара – высоту, площадь, интенсивность задымления.

Вывод по разделу.

В разделе определено, что вопросы, связанные с эксплуатацией систем пожарной сигнализации, расположенных на объектах критической инфраструктуры, чрезвычайно важны с точки зрения обеспечения их эксплуатационной безопасности.

Используя технологии дронов, мы можем повысить эффективность пожаротушения, минимизировать риски для жизни людей и смягчить воздействие пожаров на окружающую среду. Целью этого исследования является содействие разработке более безопасного и эффективного подхода к тушению пожаров, что в конечном итоге позволит защитить жизни людей и сохранить природу.

3 Разработка мероприятий для использования дронов для мониторинга пожароопасных зон

Выбор материала для корпуса и корпуса дрона-огнетушителя должен основываться на нескольких факторах, и решающими факторами для конкретной задачи дрона являются стоимость, вес, прочность, огнестойкость, коррозия и долговечность.

Для конструкции дрона предложенными материалами являются углеродное волокно, пластики, композиты и полимеры из-за их легкой структуры. А в некоторых случаях алюминий также является популярным выбором.

При выборе материала будут учитываться следующие материалы:

- алюминий;
- углеродное волокно;
- полифениленсульфид;
- нейлон.

Углеродное волокно – один из самых популярных материалов, используемых в конструкции дронов, и он по-прежнему остается предпочтительным выбором для многих производителей дронов. Причина в том, что углеродное волокно имеет исключительное соотношение прочности и веса. Чтобы дроны летали как можно дольше, им нужны одновременно прочные и легкие материалы, а углеродное волокно обеспечивает эту прочность, не увеличивая при этом слишком большой вес. С другой стороны, алюминий, как правило, более экономически эффективен по сравнению с углеродным волокном, что делает его привлекательным выбором при ограниченном бюджете.

Нейлон 6 – универсальный инженерный термопласт, используемый в различных отраслях промышленности, включая аэрокосмическую и робототехнику. Этот тип нейлона широко используется в инженерных целях из-за его легкого веса [20]. Причина, по которой мы выбрали

полифениленсульфид (PSS) в качестве пластикового материала, заключается в том, что PSS – это высокоэффективный конструкционный пластик, известный своей исключительной долговечностью в различных сложных условиях [20].

Матрица Пью по выбору материала рамы квадрокоптера представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица Пью по выбору материала рамы квадрокоптера

Показатель	Алюминий	Углеродное волокно (эпоксидная смола)	Пластик (ППС)	Нейлон
Экономическая эффективность	4	1	5	5
Масса	3	4	5	5
Прочность	2	5	1	1
Температура плавления	5	3	1	1
Долговечность	4	5	4	3
Коррозионная стойкость	2	5	4	5
Технологичность	5	2	3	3
Общее количество баллов	91	93	91	90

Чтобы выбрать подходящий двигатель для пропеллеров, сначала мы рассмотрели и исследовали наиболее часто используемые типы двигателей для дронов.

Шаговые двигатели генерируют вращательное движение дискретными шагами, последовательно воздействуя на магнитное поле. Они управляются с помощью шаговых сигналов и часто используются в позиционировании.

Серводвигатели, предназначенный для точного управления положением, скоростью или крутящим моментом обычно используются в движениях, требующих высокой точности и аккуратности.

Бесщеточные двигатели постоянного тока работают без коммутатора или щетки для изменения направления магнитного поля. Это позволяет снизить трение и увеличить срок службы.

Коллекторный двигатель постоянного тока работает с использованием системы щеток и коммутатора для передачи электроэнергии на ротор.

Коллекторные двигатели постоянного тока известны своей простотой, высокой удельной мощностью, высоким КПД, долговечностью.

Матрица Пью по выбору двигателей квадрокоптера представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица Пью по выбору двигателей квадрокоптера

Показатель	Серводвигатель	Шаговый двигатель	Бесщёточный двигатель	Коллекторный двигатель
Экономическая эффективность	1	2	1	2
Размер и вес	1	2	2	1
Эффективность работы	2	1	2	1
Скорость и ускорение	2	1	2	1
Крутящий момент	2	1	2	1
Общее количество баллов	34	29	39	24

В соответствии с матрицами Пью выбран бесщёточный серводвигатель постоянного тока. Он отвечает нашему признанию и потребностям, обеспечивая тягу для эффективного полета.

Авторы в [11] использовали шаровой огнетушитель с БПЛА настенным методом прямого броска для тушения пожара в лесах и зданиях. В то время как авторы в [13] прикрепили шар-огнетушитель к дрону-гексакоптеру с камерой, передатчиком, приемником и использовали пульт дистанционного управления для управления полетом. Авторы в [11] и [12] провели исследование на основе моделирования с использованием дронов-гексакоптеров и квадрокоптеров. В исследовании [11] использовался модуль захвата, а в [12] оценивалась тяговая эффективность дрона с различными винтами. Шар-огнетушитель и резервуар для хранения воды были прикреплены к октокоптеру для тушения пожара [13]. Тепловизионная камера, светодиоды, радиопередатчик, приемник и контроллер Pixhawk были смонтированы в октокоптер, а для удержания шара использовался специальное устройство.

Авторы работы [14] прикрепили механизм выпуска огненного шара к квадрокоптеру. Камера, GPS и контроллер Ardupilot были прикреплены к узлу для обнаружения и тушения пожара. Дроны-огнетушители обещают различные преимущества по сравнению с традиционными методами пожаротушения. Их способность получать доступ к удаленным и опасным местам делает их неоценимыми в борьбе с лесными и труднодоступными пожарами [9]. Быстрое реагирование позволяет своевременно тушить пожар, ограничивая распространение огня и снижая общий ущерб. Кроме того, автономность этих дронов устраняет необходимость пожарным погружаться в опасные ситуации, обеспечивая безопасность персонала.

Шар-огнетушитель был предпочтительнее традиционных методов из-за его легкого веса и экологичности. При контакте с огнем шар самоактивируется в течение 10 секунд, издавая громкий предупреждающий звук. Преимущество использования шаров для тушения заключается в их компактной конструкции и отсутствии требований к обучению, что позволяет любому эффективно использовать их. Эти шары можно использовать для тушения различных классов пожаров, включая пожары классов А, В, С, Е и К. В этом проекте для тушения пожара в радиусе одного метра использовался шар огнетушителя весом 0,5 кг.

Можно сказать, что шар для пожаротушения Elide диаметром 152 мм является образцом инноваций в области пожарной безопасности. Его быстрый отклик, автоматическая активация и глобальная сертификация делают его надежным и эффективным инструментом для тушения различных типов пожаров, способствуя повышению безопасности в различных условиях.

В качестве материала для пластиковых частей дрона был выбран полифениленсульфид (PPS). Есть две разные технологии изготовления изделий, полученных из ППС, первая – купить пластину и обработать ее, но здесь много отходов для этой конструкции, другой способ – изготовление с помощью 3D-печати. Наиболее подходящей технологией для желаемого дизайна была определена 3D-печать, и с учетом этого была создана

конструкция захвата (рисунок 5).

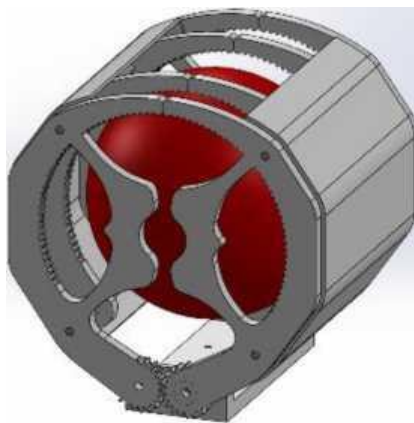


Рисунок 5 – Конструкция захвата

Дрон предлагается оснастить легкой и компактной камерой 1080р. Эта камера с дисплеем 60 кадров в секунду позволяла записывать видео во время полета дрона для наблюдения за окружающей местностью, помогая оператору оценить ситуацию.

После успешного завершения всех соединений дрон необходимо откалибровать с помощью программного обеспечения, отмечая его готовность к первому полету.

Полностью разработанный прототип станет результатом тщательного проектирования и интеграции компонентов, представленных на рисунке 6. Во время испытаний дрон эффективно поднял шар огнетушителя массой 0,5 кг на определенную высоту, а затем сбросил его, подтвердив его работоспособность. Теоретическое отношение тяги к весу составляет 1,56, что указывает на приемлемую грузоподъемность, что было подтверждено в ходе испытаний.

Прототип продемонстрировал свой потенциал в области пожаротушения, продемонстрировав значительный шаг вперед в технологии беспилотного пожаротушения.



Рисунок 6 – Предлагаемый прототип дрона

Беспилотный летательный аппарат получает предварительно заданные навигационные координаты, которые составляют координаты полета. В таком сценарии можно представить, что оператор заходит в зону, подлежащую мониторингу с помощью беспилотного летательного аппарата, в то время как процесс обнаружения пожара становится полностью автономным. Еще одной функцией автоматизированной системы управления может быть возврат к заданной точке взлета, где находится оператор. Беспилотный летательный аппарат, израсходовав значительную часть емкости своего аккумулятора, автономно возвращается к точке взлета, где он может самопроизвольно подключиться к точке подзарядки. Затем задачу первого беспилотника выполняет другой беспилотник, ожидающий своей очереди для наблюдения за территорией. Описанная функциональность концептуальной системы, теоретически, эффективна и конкурирует с другими методами обнаружения пожара.

Этот прототип представляет собой хорошо проанализированную и экономически эффективную конструкцию дрона с потенциалом для пожаротушения и различных других применений. Возможности дрона можно еще больше расширить за счет предлагаемых усовершенствований, что

сделает его бесценным активом для удовлетворения национальных потребностей и обеспечения общественной безопасности.

Объединение данных с камеры и встроенного акселерометра, а также гироскопа может предоставить дополнительную информацию, например, о направлении распространения пожара и его масштабах. Коммуникационный модуль, установленный на БПЛА, отправляет телеметрическую информацию на наземную станцию в режиме реального времени. Станция является узлом между мобильной платформой и органами, осуществляющими противопожарные операции – МЧС России или добровольной пожарной дружиной (ДПД). Выводы по разделу.

Вывод по разделу.

В этом разделе представлены: анализ и разработка многороторного беспилотного летательного аппарата (БПЛА), в частности квадрокоптера (четырёхроторного), для доставки шара огнетушителя в очаг пожара. Квадрокоптер призван обеспечить более быстрое и эффективное решение в качестве первоначального средства тушения. Исследование направлено на создание квадрокоптера, способного нести полезную нагрузку в 1,5 кг (выбранный вес одного шара огнетушителя).

Беспилотный летательный аппарат является основным элементом для обнаружения и уведомления диспетчера о пожаре. Кроме того, в дальнейшем ходе операции по тушению пожара (переменный и увеличивающийся интервал времени работы) он предоставляет мгновенную визуальную информацию о развитии пожара в данной области. Современные системы автопилота, внедренные на борту коммерческих беспилотных летательных аппаратов, также предлагают множество дополнительных функций. В этом случае БПЛА станет более автономным.

4 Охрана труда

Работодатель должен спланировать и провести оценку рисков для своих сотрудников или других лиц, которые могут пострадать от его деятельности на рабочем месте. В идеале оценку рисков следует проводить до внедрения новых процессов или видов деятельности.

Работодатель должен назначить обученного человека руководителем группы и членом (ами) группы по оценке рисков для проведения оценки рисков. Группа по оценке рисков должна обладать соответствующими знаниями и опытом работы, подлежащей оценке. Например, руководители и сотрудники, работающие с процессом, лучше всего знакомы с этой операцией.

Для начала, рассматривая возможность разработки оценки рисков, важно установить некоторые границы, в пределах которых будет применяться процесс оценки рисков.

Цели оценки рисков заключаются в следующем: -

- определить все факторы, которые могут причинить вред сотрудникам и другим лицам (опасности);
- рассмотреть, каковы шансы того, что вред действительно может быть причинен кому-либо в обстоятельствах конкретного технологического процесса, и возможную серьезность, которая может быть вызвана этим (риски);
- для того, чтобы работодатели могли планировать, внедрять и отслеживать профилактические меры для обеспечения постоянного надлежащего контроля рисков.

Идентификация опасностей – это процесс идентификации опасностей на рабочем месте или в рамках рабочей процедуры.

Основные опасности представлены в приложении к приказу Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [4] и таблице 3.

Таблица 3 – Реестр опасностей

№	Опасность	ID	Опасное событие
1	Наличие микроорганизмов-продуцентов, препаратов, содержащих живые клетки и споры микроорганизмов в окружающей среде: воздухе, воде, на поверхностях	1.1	Заражение работника вследствие воздействия микроорганизмов-продуцентов, препаратов, содержащих живые клетки и споры микроорганизмов в воздухе, воде, на поверхностях
	Патогенные микроорганизмы	1.2	Заболевание работника, связанное с воздействием патогенных микроорганизмов
2	Неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам СИЗ, СИЗ, не соответствующих выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов	2.1	Травма или заболевание вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов, от которых защищают СИЗ
3	Скользкие, обледенелые, за жиренные, мокрые опорные поверхности	3.1	Падение при спотыкании или поскользывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам
3	Перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м	3.2	Падение с высоты или из-за перепада высот на поверхности
		3.3	Падение из-за отсутствия ограждения, из-за обрыва троса, в котлован, в шахту при подъеме или спуске при нештатной ситуации
		3.4	Падение из-за внезапного появления на пути следования большого перепада высот
		3.5	Падение с транспортного средства
4	Выполнение работ вблизи водоемов	4.1	Утопление в результате падения в воду
	Деятельность на палубе и за бортом судов, нефтяных платформ	4.2	Утопление в результате падения в воду
	Спасательные операции на воде и/или на льду	4.3	Утопление в результате падения в воду
	Выполнение работ вблизи технологических емкостей, наполненных водой или иными технологическими жидкостями	4.4	Утопление в результате падения в емкость с жидкостью
	Выполнение работ в момент естественного (природного) затопления шахты	4.5	Утопление в результате падения или попадания в воду
	Выполнение работ в момент технологического (вынужденного) затопления шахты	4.6	Утопление в результате падения или попадания в воду

Продолжение таблицы 3

№	Опасность	ID	Опасное событие
4	Выполнение работ в момент аварии, повлекшей за собой затопление шахты	4.7	Утопление в результате падения или попадания в воду
5	Обрушение подземных конструкций при монтаже	5.1	Травма в результате заваливания или раздавливания
	Обрушение подземных конструкций при эксплуатации	5.2	Травма в результате заваливания или раздавливания
	Естественные природные подземные толчки и колебания земной поверхности, наводнения, пожары	5.3	Травма в результате заваливания или раздавливания, ожоги вследствие пожара, утопление при попадании в жидкость
6	Обрушение наземных конструкций	6.1	Травма в результате заваливания или раздавливания
	Естественные природные подземные толчки и колебания земной поверхности, наводнения, пожары	6.2	Травма в результате заваливания или раздавливания, ожоги вследствие пожара, утопление при попадании в жидкость
7	Транспортное средство, в том числе погрузчик	7.1	Наезд транспорта на человека
		7.2	Травмирование в результате дорожно-транспортного происшествия
		7.3	Раздавливание человека, находящегося между двумя сближающимися транспортными средствами
		7.4	Опрокидывание транспортного средства при нарушении способов установки и строповки грузов
		7.5	Опрокидывание транспортного средства при проведении работ
8	Подвижные части машин и механизмов	8.1	Удары, порезы, проколы, уколы, затягивания, наматывания, абразивные воздействия подвижными частями оборудования
9	Вредные химические вещества в воздухе рабочей зоны	9.1	Отравление воздушными взвешьями вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны
	Воздействие на кожные покровы смазочных масел	9.2	Заболевания кожи (дерматиты)
	Воздействие на кожные покровы обезжиривающих и чистящих веществ	9.3	Заболевания кожи (дерматиты)
	Контакт с высокоопасными веществами	9.4	Отравления при вдыхании и попадании на кожу высокоопасных веществ
	Образование токсичных паров при нагревании	9.5	Отравление при вдыхании паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма и твердых веществ

Продолжение таблицы 3

№	Опасность	ID	Опасное событие
9	Воздействие химических веществ на кожу	9.6	Заболевания кожи (дерматиты) при воздействии химических веществ, не указанных в пунктах 9.2 - 9.6
	Воздействие химических веществ на глаза	9.7	Травма оболочек и роговицы глаза при воздействии химических веществ, не указанных в пунктах 9.2 - 9.6
10	Химические реакции веществ, приводящие к пожару и взрыву	10.1	Травмы, ожоги вследствие пожара или взрыва
11	Недостаток кислорода в воздухе рабочей зоны в замкнутых технологических емкостях, из-за вытеснения его другими газами или жидкостями	11.1.	Развитие гипоксии или удушья из-за недостатка кислорода в замкнутых технологических емкостях
		11.2	Развитие гипоксии или удушья из-за вытеснения его другими газами или жидкостями
		11.3	Развитие гипоксии или удушья из-за недостатка кислорода в подземных сооружениях
		11.4	Развитие гипоксии или удушья из-за недостатка кислорода в безвоздушных средах
12	Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД)	12.1	Повреждение органов дыхания частицами пыли
		12.2	Повреждение глаз и кожных покровов вследствие воздействия пыли
		12.3	Повреждение органов дыхания вследствие воздействия воздушных взвесей вредных химических веществ
		12.4	Повреждение органов дыхания вследствие воздействия воздушных взвесей, содержащих смазочные масла
		12.5	Воздействие на органы дыхания воздушных взвесей, содержащих чистящие и обезжиривающие вещества
13	Материал, жидкость или газ, имеющие высокую температуру	13.1	Ожог при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру
		13.2	Ожог от воздействия на незащищенные участки тела материалов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру
		13.3	Тепловой удар при длительном нахождении в помещении с высокой температурой воздуха

Продолжение таблицы 3

№	Опасность	ID	Опасное событие
13	Энергия открытого пламени, выплесков металлов, искр и брызг расплавленного металла и металлической окалины	13.4	Тепловой удар при длительном нахождении вблизи открытого пламени
		13.5	Ожог кожных покровов и слизистых оболочек вследствие воздействия открытого пламени
		13.6	Ожог роговицы глаза
		13.7	Ожог вследствие воздействия на незащищенные участки тела материалов, жидкостей или газов, имеющих высокую температуру
	Поверхности, имеющие высокую температуру (воздействие конвективной теплоты)	13.8	Тепловой удар от воздействия окружающих поверхностей оборудования, имеющих высокую температуру
13.9		Ожог кожных покровов работника вследствие контакта с поверхностью имеющую высокую температуру	
13.10	Прямое воздействие солнечных лучей	Тепловой удар при длительном нахождении на открытом воздухе при прямом воздействии лучей солнца на незащищенную поверхность головы	
14	Охлажденная поверхность, охлажденная жидкость или газ	14.1	Заболевания вследствие переохлаждения организма, обморожение мягких тканей из-за контакта с поверхностью, имеющую низкую температуру, с охлажденной жидкостью или газом
15	Высокая влажность окружающей среды, в рабочей зоне, в том числе, связанная с климатом (воздействие влажности в виде тумана, росы, атмосферных осадков, конденсата, струй и капель жидкости)	15.1	Заболевания вследствие переохлаждения организма
16	Высокая или низкая скорость движения воздуха, в том числе, связанная с климатом	16.1	Заболевания вследствие перегрева или переохлаждения организма
		16.2	Травмы вследствие воздействия высокой скорости движения воздуха
17	Повышенное барометрическое давление (при выполнении водолазных спусков и кессонных работ, при подводном плавании в аквалангах, при лечении сжатым воздухом или кислородом в камерах повышенного давления и барокамерах)	17.1	Декомпрессионная болезнь, баротравмы легких

Продолжение таблицы 3

№	Опасность	ID	Опасное событие
18	Пониженное барометрическое давление (пребывание на высоте в условиях пониженного барометрического давления и обусловленного этим уменьшения парциального давления газов, входящих в состав воздуха, в том числе кислорода)	18.1	Заболевания, связанные с работой в условиях пониженного барометрического давления, обострение общих заболеваний вследствие пониженного барометрического давления
19	Резкое изменение барометрического давления	19.1	Баротравма, декомпрессионная болезнь, вызванные резким изменением барометрического давления
20	Повышенный уровень шума и другие неблагоприятные характеристики шума	20.1	Снижение остроты слуха, тугоухость, глухота, повреждение мембранной перепонки уха, связанные с воздействием повышенного уровня шума и других неблагоприятных характеристик шума
		20.2	События, связанные с возможностью не услышать звуковой сигнал об опасности
	Повышенный уровень ультразвуковых колебаний (воздушный и контактный ультразвук)	20.3	Обусловленные воздействием ультразвука снижение уровня слуха (тугоухость), вегетососудистая дистония, астенический синдром
21	Воздействие локальной вибрации при использовании ручных механизмов и инструментов	21.1	Воздействие локальной вибрации на руки работника при использовании ручных механизмов (сужение сосудов, болезнь белых пальцев)
	Воздействие общей вибрации (колебания всего тела, передающиеся с рабочего места).	21.2	Воздействие общей вибрации на тело работника
22	Груз, инструмент или предмет, перемещаемый или поднимаемый, в том числе на высоту	22.1.	Удар работника или падение на работника предмета, тяжелого инструмента или груза, упавшего при перемещении или подъеме
23	Физические перегрузки при чрезмерных физических усилиях при подъеме предметов и деталей, при перемещении предметов и деталей, при стереотипных рабочих движениях и при статических нагрузках, при неудобной рабочей позе, в том числе при наклонах корпуса тела работника более чем на 30°	23.1.	Повреждение костно-мышечного аппарата работника при физических перегрузках

Продолжение таблицы 3

№	Опасность	ID	Опасное событие
24	Монотонность труда при выполнении однообразных действий или непрерывной и устойчивой концентрации внимания в условиях дефицита сенсорных нагрузок	24.1.	Психоэмоциональные перегрузки
	Новые, непривычные виды труда, связанные с отсутствием информации, умений для выполнения новым видам работы	24.2.	Психоэмоциональные перегрузки
	Напряженный психологический климат в коллективе, стрессовые ситуации, в том числе вследствие выполнения работ вне места постоянного проживания и отсутствия иных внешних контактов	24.3.	Психоэмоциональные перегрузки
	Диспетчеризация процессов, связанная с длительной концентрацией внимания	24.4.	Психоэмоциональные перегрузки
25	Дикие или домашние животные	25.1	Укус животного
		25.2	Травма, нанесенная зубами и когтями животного
		25.3	Раздавливание животным
		25.4	Заражение животным
		25.5	Нападение животного
		25.6	Отравление ядами животного происхождения
		25.7	Воздействие выделений животного
26	Наличие на рабочем месте паукообразных и насекомых, включая кровососущих	26.1	Аллергическая реакция, вызванная укусом насекомого или паукообразного, отравление при попадании в организм при укусе яда насекомого или паукообразного
		26.2	Попадание в организм насекомого или паукообразного
		26.3	Заражение инфекционным заболеванием или гельминтозом (паразитическими червями) через укусы кровососущих насекомых или паукообразных
27	Электрический ток	27.1	Контакт с частями электрооборудования, находящимися под напряжением
		27.2	Отсутствие заземления или неисправность электрооборудования
		27.3	Нарушение правил эксплуатации и ремонта электрооборудования, неприменение СИЗ
		27.4	Воздействие электрической дуги

Продолжение таблицы 3

№	Опасность	ID	Опасное событие
27	Шаговое напряжение	27.5	Поражение электрическим током
	Искры, возникающие вследствие накопления статического электричества, в том числе при работе во взрывопожароопасной среде	27.6	Ожог, пожар или взрыв при искровом зажигании взрывопожароопасной среды
	Наведенное напряжение в отключенной электрической цепи (электромагнитное воздействие параллельной воздушной электрической линии или электричества, циркулирующего в контактной сети)	27.7	Поражение электрическим током
28	Насилие от враждебно настроенных работников /третьих лиц	28.1.	Психофизическая нагрузка

В соответствии с Приказом Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда» [4] произведём оценку профессиональных рисков [5] для рабочих мест ООО «Поволжский Центр Экспертиз»:

- инженера;
- инженера-конструктора;
- эксперта-экономиста.

Реестр рисков на рабочем месте инженера представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Реестр рисков на рабочем месте инженера

№	Опасность	ID	Опасное событие
3	Скользкие, обледенелые, зажиренные, мокрые опорные поверхности	3.1	Падение при спотыкании или поскользывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам
3	Перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м	3.2	Падение с высоты или из-за перепада высот на поверхности
7	Транспортное средство, в том числе погрузчик	7.2	Травмирование в результате дорожно-транспортного происшествия

Реестр рисков инженера-конструктора представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Реестр рисков на рабочем месте инженера-конструктора

№	Опасность	ID	Опасное событие
24	Монотонность труда при выполнении однообразных действий или непрерывной и устойчивой концентрации внимания в условиях дефицита сенсорных нагрузок	24.1.	Психоэмоциональные перегрузки
	Диспетчеризация процессов, связанная с длительной концентрацией внимания	24.4.	Психоэмоциональные перегрузки

Реестр рисков на рабочем месте эксперта-экономиста представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Реестр рисков на рабочем месте эксперта-экономиста

№	Опасность	ID	Опасное событие
24	Монотонность труда при выполнении однообразных действий или непрерывной и устойчивой концентрации внимания в условиях дефицита сенсорных нагрузок	24.1.	Психоэмоциональные перегрузки
	Напряженный психологический климат в коллективе, стрессовые ситуации, в том числе вследствие выполнения работ вне места постоянного проживания и отсутствия иных внешних контактов	24.3.	Психоэмоциональные перегрузки

Оценка вероятности представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Оценка вероятности

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
1	Весьма маловероятно	Практически исключено. Зависит от следования инструкции. Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки.	1
2	Маловероятно	Сложно представить, однако может произойти. Зависит от следования инструкции. Нужны многочисленные поломки/отказы/ошибки.	2

Продолжение таблицы 7

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
3	Возможно	Иногда может произойти. Зависит от обучения (квалификации). Одна ошибка может стать причиной аварии/инцидента/несчастного случая.	3
4	Вероятно	Зависит от случая, высокая степень возможности реализации. Часто слышим о подобных фактах. Периодически наблюдаемое событие.	4
5	Весьма вероятно	Обязательно произойдет. Практически несомненно. Регулярно наблюдаемое событие.	5

Оценка степени тяжести последствий представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Оценка степени тяжести последствий

Тяжесть последствий		Потенциальные последствия для людей	Коэффициент, U
5	Катастрофическая	Групповой несчастный случай на производстве (число пострадавших 2 и более человек). Несчастный случай на производстве со смертельным исходом. Авария. Пожар.	5
4	Крупная	Тяжелый несчастный случай на производстве (временная нетрудоспособность более 60 дней). Профессиональное заболевание. Инцидент.	4
3	Значительная	Серьезная травма, болезнь и расстройство здоровья с временной утратой трудоспособности продолжительностью до 60 дней. Инцидент.	3
2	Незначительная	Незначительная травма – микротравма (легкие повреждения, ушибы), оказана первая медицинская помощь. Инцидент. Быстро потушенное загорание.	2
1	Приемлемая	Без травмы или заболевания. Незначительный, быстроустраняемый ущерб.	1

Количественная оценка риска рассчитывается по формуле 1.

$$R=A \cdot U, \quad (1)$$

где A – коэффициент вероятности;

U – коэффициент тяжести последствий.

«Оценка риска, R :

- 1-8 (низкий);
- 9-17 (средний);
- 18-25 (высокий)» [5].

Анкета рисков на рабочем месте инженера представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Анкета на рабочем месте инженера

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, A	Коэффициент, A	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Инженер	3	3.1	Возможно	3	Крупная	4	12	Средний
	9	3.2	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний
	7	7.2	Вероятно	4	Значительная	3	12	Средний

Анкета рисков инженера-конструктора отражена в таблице 10.

Таблица 10 – Анкета рисков на рабочем месте инженера-конструктора

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, A	Коэффициент, A	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Инженер-конструктор	24	24.1	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний
		24.4	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний

Анкета уровня профессиональных рисков на рабочем месте эксперта-экономиста отражена в таблице 11.

Таблица 11 – Анкета уровня профессиональных рисков на рабочем месте эксперта-экономиста

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Эксперт-экономист	24	24.1	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний
		24.3	Возможно	3	Значительная	3	9	Средний

Мероприятия по контролю профессиональных рисков представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Мероприятия по контролю профессиональных рисков

Опасность	Опасное событие	Мероприятие, направленное на снижение риска
Скользкие, обледенелые, за жиренные, мокрые опорные поверхности	Падение при спотыкании или поскальзывании, при передвижении по скользким поверхностям или мокрым полам	Использование противоскользящих напольных покрытий
		Использование противоскользящих покрытий для малых слоев грязи
		Использование незакрепленных покрытий с сопротивлением скольжению на обратной стороне (например, ковров, решеток и другое)
		Исключение применения различных напольных покрытий с большой разницей в сопротивлении к скольжению
		Предотвращение накопления влаги во влажных помещениях (применение подходящих вариантов дренажа и вентиляции воздуха)
		Предотвращение воздействия факторов, связанных с погодными условиями (Монтаж кровли на рабочих местах на открытом воздухе)

Продолжение таблицы 12

Опасность	Опасное событие	Мероприятие, направленное на снижение риска
Перепад высот, отсутствие ограждения на высоте свыше 5 м	Падение с высоты или из-за перепада высот на поверхности	Исключение нахождения на полу посторонних предметов, их своевременная уборка
		Установка противоскользящих полос на наклонных поверхностях
		Устранение ступеней разной высоты и глубины в местах подъема (спуска)
		Освещение, обеспечивающее видимость ступеней и краев ступеней. Расположение освещения, обеспечивающее достаточную видимость ступенек и краев ступеней, использование при необходимости дополнительной цветовой кодировки. Обеспечение хорошей различимости края первой и последней ступеньки
		Обеспечение достаточного уровня освещенности и контрастности на рабочих местах (в рабочих зонах): уровня освещения, контраста, отсутствия иллюзий восприятия
		Размещение маркированных ограждений и/или уведомлений (знаки, таблички, объявления)
Транспортное средство, в том числе погрузчик	Травмирование в результате дорожно-транспортного происшествия	Соблюдение правил дорожного движения и правил перемещения транспортных средств, соблюдение скоростного режима, применение исправных транспортных средств
Монотонность труда	Психоэмоциональные перегрузки	Чередование вида работ
Напряженный психологический климат в коллективе, стрессовые ситуации	Психоэмоциональные перегрузки	Формирование взаимного уважения
Диспетчеризация процессов, связанная с длительной концентрацией внимания	Психоэмоциональные перегрузки	Соблюдение режима труда и отдыха

Предложенные мероприятия снизят профессиональные риски до значимости «Низкий риск».

Вывод по разделу.

В разделе определено, что Предложенные мероприятия снизят профессиональные риски до значимости «Низкий риск».

Влияние предложенного в работе дрона на снижение рисков весьма велико.

Возможности быстрого реагирования могут спасти жизни и защитить имущество, контролируя пожары на ранних стадиях. Маневренность дрона-огнетушителя позволяет ему преодолевать сложные местности, достигая участков, которые могут оказаться трудными для традиционных методов пожаротушения. Кроме того, сводя к минимуму время, необходимое для тушения пожара, дрон способствует общей безопасности, снижая вероятность травм и материального ущерба.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Проведём оценку антропогенной нагрузки предприятия на окружающую среду (таблица 13).

Таблица 13 – Антропогенная нагрузка на окружающую среду

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух	Воздействие на водные объекты	Отходы
ООО «Сфера»	Административное здание	Газообразные	Бытовые сточные воды	Органические, коммунальные
Количество в год		0,0013001 т.	2500 тыс. т	1,101 т.

Сведения о применяемых на объекте технологиях и соответствие наилучшей доступной технологии представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Сведения о применяемых на объекте технологиях [7]

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
Номер	Наименование		
1	Административное здание ООО «Сфера»	Обращение с отходами I и II классов опасности	Нет

Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Перечень загрязняющих веществ

Номер ЗВ	Наименование загрязняющего вещества
1	Азота диоксид
2	Азот (II) оксид
3	Углерод оксид
4	Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)

Отчёт по производственному экологическому контролю на предприятии представлен в таблицах 16-18.

Таблица 16 – Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованный выброс, г/с	Фактический выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз (гр. 8 / гр. 7)	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса	Примечание
Номер	Наименование	Номер	Наименование							
1	Административное здание	1	Вентиляционная труба	Азота диоксид	0,0002	0,0001	–	–	–	–
				Азот (II) оксид	0,0003	0,0002	–	–	–	–
				Углерод оксид	0,003	0,001	–	–	–	–
				Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	0,000002	0,000001	–	–	–	–
Итого	–	–	–	–	0,0035002	0,0013001	–	–	–	–

Таблица 17 – Результаты проведения проверок работы очистных сооружений, включая результаты технологического контроля эффективности работы очистных сооружений на всех этапах и стадиях очистки сточных вод и обработки осадков

Тип очистного сооружения	Год ввода в эксплуатацию	Сведения о стадиях очистки, с указанием сооружений очистки сточных вод, в том числе дренажных, вод, относящихся к каждой стадии	Объем сброса сточных, в том числе дренажных, вод, тыс. м ³ /сут.; тыс. м ³ /год			Наименование загрязняющего вещества или микроорганизма	Дата контроля (дата отбора проб)	Содержание загрязняющих веществ, мг/дм ³			Эффективность очистки сточных вод, %	
			проектный	допустимый, в соответствии с разрешительным документом на право пользования водным объектом	фактический			проектное	допустимое, в соответствии с разрешением на сброс веществ и микроорганизмов в водные объекты	фактическое	проектная	фактическая
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	16	17
Очистные сооружения отсутствуют												

Таблица 18 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления

№ строки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификационному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образовано отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизировано отходов, тонн	Обезврежено отходов, тонн
				хранение	накопление				
1	«Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства)» [6]	4 71 101 01 52 1	1	0	0	0,001	0	0	0,001
2	Принтеры, сканеры, многофункциональные устройства (МФУ), утратившие потребительские свойства	481 202 01 52 4	4	0	0	0,05	0	0,05	0
3	Картриджи печатающих устройств с содержанием тонера менее 7% отработанные	481 203 02 52 4	4	0	0	0,05	0	0,05	0
4	Мусор и смет помещений малоопасный	733 210 01 72 4	4	0	0	1,00	0	1,00	0

Продолжение таблицы 18

№ строк и	Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн						
	Всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения	
	11	12	13	14	15	16	
1	0,001	0	0	0,001	0	0	
2	0,05	0	0	0	0	0,05	
3	0,05	0	0	0	0	0,05	
4	1,00	0	0	0	0	1,00	
№ строк и	Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн					Наличие отходов на конец года, тонн	
	Всего	хранение на собственных объектах размещения отходов, далее – ОРО	захоронение на собственных ОРО	хранение на сторонних ОРО	захоронение на сторонних ОРО	хранение	накопление
	17	18	19	20	21	22	23
1	0,001	0	0	0	0,001	0	0
2	0,05	0	0	0	0,05	0	0
3	0,05	0	0	0	0,05	0	0
4	1,00	0	0	0	1,00	0	0

Проект дрона обладает значительным потенциалом положительного воздействия как на окружающую среду, так и на общество. Тем не менее, важно учитывать потенциальные экологические, социальные проблемы и проблемы, связанные с безопасностью.

Вывод по разделу.

В разделе определено, что основным возможным негативным последствием эксплуатации объекта является нарушение правил хранения отходов.

Воздействие на окружающую среду: предложенный в работе дрон оказывает существенное положительное воздействие на окружающую среду, обеспечивая эффективное и быстрое реагирование на сценарии пожаротушения. Традиционные методы пожаротушения часто предполагают использование большого количества воды и химикатов, что приводит к загрязнению воды и потенциальному вреду экосистемам. Этот проект сводит к минимуму потребление воды и снижает экологический след за счет точной направленности усилий по тушению пожаров. Кроме того, способность дрона быстро контролировать и тушить пожары может помочь предотвратить эскалацию ущерба окружающей среде, вызванного длительными и неконтролируемыми лесными пожарами.

6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях

В соответствии с приказом во всех подразделениях организации созданы временные добровольные противопожарные формирования, определены зоны ответственности за предотвращение и ликвидацию лесных пожаров в районах их работ и используемых ими дорог.

На каждом объекте имеется список техники, привлекаемой к ликвидации пожара, разработаны перечни первичных средств пожаротушения, в соответствии с которыми цеха и участки обеспечиваются средствами пожаротушения, определен порядок контроля за состоянием первичных средств пожаротушения, в обязательном порядке работники проходят периодические инструктажи по противопожарной безопасности, составлены графики проведения тренировок по ликвидации пожаров.

Уровень оснащения и применения средств защиты с целью обеспечения антитеррористической защищенности объекта предусматривается, согласно СП 132.13330.2011, с учетом класса объекта по значимости (условного индекса, характеризующего вид и размер ущерба, который может быть нанесен объекту строительства, находящимся на объекте строительства людям и имуществу в случае реализации террористических угроз).

Для обеспечения антитеррористической защищенности объекта предусмотрены следующие мероприятия:

- в зданиях предусмотрена охранно-пожарная сигнализация;
- предусмотрена система аварийного освещения;
- предусмотрена объектовая система оповещения;
- внутри помещений, на входах и по периметру здания установлены камеры видеонаблюдения с выводом на пост охраны;
- доступ в помещения инженерного обеспечения (электрощитовая, венткамера, помещение ИТП) предусмотрен только для обслуживающего персонала;

- осуществляется контроль и обеспечение безопасности объекта и его территории с целью своевременного обнаружения опасных проявлений и ситуаций;
- организована охрана объекта [1].

Паспорт безопасности представлен в приложении А.

Вывод по разделу.

При эксплуатации объекта предусматривается обязательное наличие инструкций о действии охранной службы и работников предприятия при обнаружении подозрительных предметов, возникновении и ликвидации последствий актов терроризма. Персонал должен быть обучен способам защиты и действиям при актах терроризма.

Обязательно наличие утвержденных схем эвакуации работников, а также информационных указателей эвакуации. Должен быть определен состав привлекаемых сил и средств для ликвидации последствий актов терроризма с указанием мест их дислокации и телефонов диспетчерских служб, порядок оповещения должностных лиц объекта.

7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

В работе разработан многороторный беспилотный летательный аппарат, в частности квадрокоптер (четырёхроторный), для доставки шара огнетушителя в очаг пожара. Квадрокоптер призван обеспечить более быстрое и эффективное решение в качестве первоначального средства тушения.

План реализации предложенных мероприятий представлен в таблице 19.

Таблица 19 – План реализации предложенных мероприятий

Мероприятия	Ответственное лицо	Срок исполнения	Источник финансирования
Разработка инструкций по внедрению БПЛА в систему обеспечения пожарной безопасности на территории ООО «Сфера»	Инженер по ПБ	Август 2025 года	Бюджет ООО «Сфера»
Закупка оборудования для сборки предлагаемого БПЛА и средств тушения	Инженер по ПБ	Август 2025 года	Бюджет
Обучение приёмам пилотирования БПЛА и тушения загораний и пожаров	Инженер по ПБ	Сентябрь 2025 года	ООО «Сфера»

Беспилотный летательный аппарат является основным элементом для обнаружения и уведомления диспетчера о пожаре. Кроме того, в дальнейшем ходе операции по тушению пожара (переменный и увеличивающийся интервал времени работы) он предоставляет мгновенную визуальную информацию о развитии пожара в данной области. Современные системы автопилота, внедренные на борту коммерческих беспилотных летательных аппаратов, также предлагают множество дополнительных функций. В этом случае БПЛА станет более автономным.

Рассмотрим два варианта развития событий до реализации предложенных мероприятий и после:

- вариант 1 – тушение пожара на объекте производится только привозными средствами пожаротушения;
- вариант 2 – тушение пожара на объекте производится автоматически

при обнаружении пожара при помощи БПЛА.

Данные для расчёта ожидаемых потерь представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

Показатель	Измерение	Обозначение	1 вариант	2 вариант
«Время локализации пожара» [8]	мин	t	20	8
«Удельная стоимость материальных ценностей» [8]	руб.·м ⁻²	$C_{уд}^{м.ц}$	70000	70000
«Удельная стоимость ремонтных работ» [8]	руб.·м ⁻²	$C_{уд}^р$	15000	15000
«Удельные издержки при восстановительных работах» [8]	руб.·м ⁻²	$I_{уд}$	10000	10000
«Удельные единовременные вложения в здание (сооружение)» [8]	руб.·м ⁻²	$K_{уд}^з$	15000	15000
«Удельные единовременные вложения в оборудование» [8]	руб.·м ⁻²	$K_{уд}^о$	15000	15000
«Прибыль объекта» [8]	руб.·дни ⁻¹	$П_{пр}$	50000000	
«Продолжительность простоя объекта» [8]	дни	$T_{пр}$	120	10
«Линейная скорость распространения по поверхности материала пожарной нагрузки» [8]	м·с ⁻¹	I	1	
«Вероятность возникновения пожара» [8]	год ⁻¹	$Q_{п}$	6×10^{-4}	

Рассчитаем площадь пожара по формуле 2.

$$F'_n = \pi \times (I \cdot t)^2, \quad (2)$$

где I – «линейная скорость распространения по поверхности материала пожарной нагрузки, м·с⁻¹;

t – время локализации пожара, с» [8].

$$F'_{п-1} = 3,14 \times (1 \cdot 35)^2 = 1256 \text{ м}^2,$$

$$F'_{п-2} = 3,14 \times (1 \cdot 8)^2 = 201 \text{ м}^2,$$

Математическое ожидание экономических потерь от пожара ($M(I)$) вычисляют по формуле 3.

$$M(\Pi) = M(\Pi_{н.б}) + M(\Pi_{о.р}) + M(\Pi_{п.о}) \quad (3)$$

где $M(\Pi_{н.б})$ – «математическое ожидание потерь от пожара части национального богатства, руб.·год⁻¹;

$M(\Pi_{о.р})$ – математическое ожидание потерь в результате отвлечения ресурсов на компенсацию последствий пожара, руб.·год⁻¹;

$M(\Pi_{п.о})$ – математическое ожидание потерь от простоя объекта, обусловленного пожаром, руб.·год⁻¹» [8].

Математическое ожидание потерь от пожара части национального богатства ($M(\Pi_{н.б})$) вычисляют по формуле 4.

$$M(\Pi_{н.б}) = F_n (C_{уд}^{м.ц} \cdot R_y + C_{уд}^p \cdot R_p) \cdot Q_n \quad (4)$$

где F_n – «площадь возможного пожара на объекте, м²;

$C_{уд}^{м.ц}$ – удельная стоимость материальных ценностей, руб.·м⁻²;

R_y – доля уничтоженных материальных ценностей на площади пожара на объекте;

$C_{уд}^p$ – удельная стоимость ремонтных работ, руб.·м⁻²;

R_p – доля поврежденных материальных ценностей на площади пожара на объекте;

Q_n – вероятность возникновения пожара в объекте, год⁻¹» [8].

$$M(\Pi_{н.б})_1 = 1256 \cdot (70000 \cdot 1 + 15000 \cdot 1) \cdot 0,0006 = 64005,6 \text{ руб.}$$

$$M(\Pi_{н.б})_2 = 201 \cdot (70000 \cdot 1 + 15000 \cdot 1) \cdot 0,0006 = 10251 \text{ руб.}$$

Математическое ожидание потерь в результате отвлечения ресурсов на компенсацию последствий пожара ($M(\Pi_{о.р})$) вычисляют по формуле 5.

$$M(\Pi_{о.р}) = F_n \cdot [I_{уд} + E_n \cdot (K_{уд}^3 + K_{уд}^o)] \cdot Q_n \quad (5)$$

где $I_{уд}$ – «удельные издержки при восстановительных работах, руб.·м⁻²;
 E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;
 $K_{уд}^3$ – удельные единовременные вложения в здание (сооружение), руб.·м²,
 $K_{уд}^o$ – удельные единовременные вложения в оборудование, руб.·м⁻²»
 [8].

$$M(P_{o,p})_1 = 1256 \cdot [10000 + 0,22 \cdot (15000 + 15000)] \cdot 0,0006 = 12509,76 \text{ руб.}$$

$$M(P_{o,p})_2 = 201 \cdot [10000 + 0,22 \cdot (15000 + 15000)] \cdot 0,0006 = 2001,96 \text{ руб.}$$

Математическое ожидание потерь от обусловленного пожаром простоя объекта (недополученная прибыль) ($M(P_{п.о})$) вычисляют по формуле 6.

$$M(P_{п.о}) = P_{пр} \cdot T_{пр} \cdot Q_{п} \quad (6)$$

где $P_{пр}$ – «прибыль объекта, руб.·дни⁻¹;

$T_{пр}$ – продолжительность простоя объекта, дни» [12].

$$M(P_{п.о})_1 = 50000000 \cdot 120 \cdot 0,0006 = 3600000 \text{ руб.}$$

$$M(P_{п.о})_2 = 50000000 \cdot 10 \cdot 0,0006 = 300000 \text{ руб.}$$

$$M(P)_1 = 64005,6 + 12509,76 + 36000000 = 3789515,36 \text{ руб.}$$

$$M(P)_2 = 10251 + 2001,96 + 300000 = 312252,96 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от предложенных мероприятий по предотвращению потерь от пожаров рассчитывается по формуле 7.

$$P_{npT} = M(II)_1 - M(II)_2, \text{ руб.} \quad (7)$$

$$P_{npT} = 3789515,36 - 312252,96 = 3477262,4 \text{ руб.}$$

Стоимость реализация мероприятий представлена в таблице 21.

Таблица 21 – Стоимость реализации мероприятий

Виды работ	Стоимость, руб.
Разработка инструкций по внедрению БПЛА в систему обеспечения пожарной безопасности на территории предприятия	1000
Закупка оборудования для сборки предлагаемого БПЛА и средств тушения	650000
Обучение приёмам пилотирования БПЛА и тушения загораний и пожаров	40000
Итого:	700000

Экономический эффект затрат на обеспечение пожарной безопасности в первый год рассчитывают по формуле 8.

$$\mathcal{E}_T = P_{npT} - Z_T \quad (8)$$

где \mathcal{E}_T – экономический эффект реализации мероприятия;

Z_T – стоимостная оценка затрат на реализацию мероприятия» [8].

$$\mathcal{E}_T = 34772,62,4 - 700000 = 2777262,4 \text{ руб.}$$

Произведём расчёт окупаемости предложенных мероприятий по формуле 9:

$$T_{ед} = \frac{Z_T}{P_{npT}}, \text{ лет} \quad (9)$$

$$T_{ед} = \frac{700000}{3477262,4} = 0,2 \text{ года}$$

Вывод по разделу.

В разделе установлено, что благодаря своевременному тушению пожаров на объекте, которое предлагается производить автоматически при обнаружении пожара при помощи БПЛА предотвращаются экономические потери от пожаров 3477262,4 руб., окупаемость единовременных затрат на предлагаемые мероприятия составит 0,2 года.

Заключение

В первом разделе определено, что идентификация пожарной опасности с помощью беспилотных летательных аппаратов в настоящее время все еще находится в стадии технической разработки.

В этом исследовании мы рассмотрим метод обнаружения пожара с помощью тепловых датчиков, системы GPS-слежения и движущейся тепловизионной инфракрасной камеры, установленных на беспилотном летательном аппарате (БПЛА).

Во втором разделе определено, что вопросы, связанные с эксплуатацией систем пожарной сигнализации, расположенных на объектах критической инфраструктуры, чрезвычайно важны с точки зрения обеспечения их эксплуатационной безопасности.

Используя технологии дронов, мы можем повысить эффективность пожаротушения, минимизировать риски для жизни людей и смягчить воздействие пожаров на окружающую среду. Целью этого исследования является содействие разработке более безопасного и эффективного подхода к тушению пожаров, что в конечном итоге позволит защитить жизни людей и сохранить природу.

В третьем этом разделе представлены: анализ и разработка многороторного беспилотного летательного аппарата (БПЛА), в частности квадрокоптера (четырёхроторного), для доставки шара огнетушителя в очаг пожара. Квадрокоптер призван обеспечить более быстрое и эффективное решение в качестве первоначального средства тушения. Исследование направлено на создание квадрокоптера, способного нести полезную нагрузку в 1,5 кг (выбранный вес одного шара огнетушителя).

Беспилотный летательный аппарат является основным элементом для обнаружения и уведомления диспетчера о пожаре. Кроме того, в дальнейшем ходе операции по тушению пожара (переменный и увеличивающийся интервал времени работы) он предоставляет мгновенную визуальную

информацию о развитии пожара в данной области. Современные системы автопилота, внедренные на борту коммерческих беспилотных летательных аппаратов, также предлагают множество дополнительных функций. В этом случае БПЛА станет более автономным.

В четвертом разделе определено, что Предложенные мероприятия снизят профессиональные риски до значимости «Низкий риск».

Влияние предложенного в работе дрона на снижение рисков весьма велико.

Возможности быстрого реагирования могут спасти жизни и защитить имущество, контролируя пожары на ранних стадиях. Маневренность дрона-огнетушителя позволяет ему преодолевать сложные местности, достигая участков, которые могут оказаться трудными для традиционных методов пожаротушения. Кроме того, сводя к минимуму время, необходимое для тушения пожара, дрон способствует общей безопасности, снижая вероятность травм и материального ущерба.

В пятом разделе определено, что основным возможным негативным последствием эксплуатации объекта является нарушение правил хранения отходов.

Воздействие на окружающую среду: предложенный в работе дрон оказывает существенное положительное воздействие на окружающую среду, обеспечивая эффективное и быстрое реагирование на сценарии пожаротушения. Традиционные методы пожаротушения часто предполагают использование большого количества воды и химикатов, что приводит к загрязнению воды и потенциальному вреду экосистемам. Этот проект сводит к минимуму потребление воды и снижает экологический след за счет точной направленности усилий по тушению пожаров. Кроме того, способность дрона быстро контролировать и тушить пожары может помочь предотвратить эскалацию ущерба окружающей среде, вызванного длительными и неконтролируемыми лесными пожарами.

При эксплуатации объекта предусматривается обязательное наличие

инструкций о действии охранной службы и работников предприятия при обнаружении подозрительных предметов, возникновении и ликвидации последствий актов терроризма. Персонал должен быть обучен способам защиты и действиям при актах терроризма.

Обязательно наличие утвержденных схем эвакуации работников, а также информационных указателей эвакуации. Должен быть определен состав привлекаемых сил и средств для ликвидации последствий актов терроризма с указанием мест их дислокации и телефонов диспетчерских служб, порядок оповещения должностных лиц объекта.

В седьмом разделе установлено, что благодаря своевременному тушению пожаров на объекте, которое предлагается производить автоматически при обнаружении пожара при помощи БПЛА предотвращаются экономические потери от пожаров 3477262,4 руб., окупаемость единовременных затрат на предлагаемые мероприятия составит 0,2 года.

Список используемых источников

1. О гражданской обороне [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 12.02.1998г. № 28-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901701041?ysclid=ld8o366cez263882703> (дата обращения: 27.08.2024).
2. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ. URL: <https://sudrf.cntd.ru/document/9009935> (дата обращения: 27.08.2024).
3. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808297> (дата обращения: 27.08.2024).
4. Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=409457&ysclid=ld8jp94kat939272210> (дата обращения: 27.08.2024).
5. Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=ld8jqdwcm8100411018> (дата обращения: 05.08.2024).
6. Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов [Электронный ресурс] : Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22.05.2017 № 242. URL: <http://docs.cntd.ru/document/542600531> (дата обращения: 27.08.2024).
7. Об утверждении формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля [Электронный ресурс] : Приказ Минприроды России от 15.03.2024 № 173. URL:

<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=472325> (дата обращения: 05.08.2024).

8. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.1.004-91. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/3254/?ysclid=lga9r9fn5z366382597> (дата обращения: 10.08.2024).

9. Трудовой кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 30.12.2001 № 197-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 27.08.2024).

10. Pathak, A. H. Tasin, A. A. Esho, A. R. Munna, and T. J. I. J. A. R. Chowdhury, "A smart semi-autonomous fire extinguish quadcopter: Future of Bangladesh," vol. 8, pp. 01-15, 2020.

11. Aydin, E. Selvi, J. Tao, and M. J. J. D. Starek, "Use of fireextinguishing balls for a conceptual system of drone-assisted wildfire fighting," vol. 3, no. 1, p. 17, 2019.

12. Manuj, A. M. Rao, S. Rahul, C. Suhas, and K. J. J. M. C. E. Vismay, "Design and development of semi-autonomous fire fighting drone," vol. 16, pp. 44-47, 2019.

13. K. Jasmine, S. Nagarathinam, K. Madhumitha, S. Srinath, and C. Charan, "WiFi Enabled Fire Extinguishing Drone," in 2023 2nd International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA), 2023, pp. 1-5.

14. K. K. Shaw, R. J. E. R. Vimalkumar, and Technology, "Design and development of a drone for spraying pesticides, fertilizers and disinfectants," 2020.

15. Naseer, Fawad, Muhammad Nasir Khan, Akhtar Rasool, and Nafees Ayub. "A novel approach to compensate delay in communication by predicting teleoperator behaviour using deep learning and reinforcement learning to control telepresence robot." *Electronics Letters* 59, no. 9, e12806, 2023.

16. Naseer, Fawad, Muhammad Nasir Khan, and Ali Altalbe. "Intelligent Time Delay Control of Telepresence Robots Using Novel Deep Reinforcement

Learning Algorithm to Interact with Patients." *Applied Sciences* 13, no. 4, 2462, 2023.

17. R. Dilip, M. P. Solabagoudar, N. Chapi, P. B. Vaidya, and B. J. J. o. M. R. Yashwanth, "A Review of Surveillance and Fire Fighter Drone," vol. 8, no. 2, pp. 1-7, 2023.

18. R. Patil, T. Patil, N. Sawant, H. Thakur, D. J. I. R. J. o. E. Surve, and Technology, "Fire fighting drone using extinguisher bomb," vol. 7, no. 04, 2020.

19. R. Singh, R. Kumar, A. Mishra, and A. J. M. T. P. Agarwal, "Structural analysis of quadcopter frame," vol. 22, pp. 3320-3329, 2020.

20. S. Barua, M. S. S. Tanjim, A. N. Oishi, S. C. Das, M. A. Basar, and S. A. Rafi, "Design and implementation of fire extinguishing ball thrower quadcopter," in 2020 IEEE region 10 symposium (TENSYMP), 2020, pp. 1404-1407.

Приложение А
Паспорт безопасности

ПАСПОРТ БЕЗОПАСНОСТИ

ООО «Сфера»

(наименование объекта (территории))

город Тольятти

(наименование населенного пункта)

2024 г.

I. Общие сведения об объекте (территории)

*Министерство промышленности, торговли и развития предпринимательства
Самарской области*

(наименование органа (организации), в ведении которого находится объект (территория), адрес, телефон, факс, адрес электронной почты)

445036, Самарская область, г. Тольятти, ул. Свердлова, д. 48, 522

(адрес объекта (территории), телефон, факс, адрес, электронной почты)

Деятельность автомобильного грузового транспорта

(основной вид деятельности органа (организации), в ведении которого находится объект (территория))

Третья категория

(категория объекта (территории))

10000 м²

(общая площадь объекта (территории), кв. метров, протяженность периметра, метров)

-

(сведения о государственной регистрации права на объект недвижимого имущества)

Хорошева Елена Васильевна

(ф.и.о. должностного лица, осуществляющего непосредственное руководство деятельностью работников на объекте (территории), служебный и (или) мобильный телефоны, факс, адрес электронной почты)

-

(ф.и.о. руководителя органа (организации), в ведении которого находится объект (территория), служебный и (или) мобильный телефоны, факс, адрес электронной почты)

II. Сведения о работниках (сотрудниках) объекта (территории) и иных лицах, находящихся на объекте (территории)

1. Режим работы объекта (территории)

ежедневно с 08:00 до 17:00

(продолжительность, начало и окончание рабочего дня)

2. Общее количество работников (сотрудников) объекта (территории) 90. (человек)

3. Среднее количество находящихся на объекте (территории) в течение рабочего дня работников (сотрудников) объекта (территории), работников (сотрудников), осуществляющих охрану объекта (территории), арендаторов и иных лиц, осуществляющих безвозмездное пользование имуществом, находящимся на объекте (территории), 150. (человек)

4. Среднее количество находящихся на объекте (территории) в нерабочее время, ночью, в выходные и праздничные дни работников (сотрудников) объекта (территории), работников (сотрудников), осуществляющих охрану объекта (территории), арендаторов и иных лиц, осуществляющих безвозмездное пользование имуществом, находящимся на объекте (территории), 5. (человек)

5. Сведения об арендаторах и иных лицах, осуществляющих безвозмездное пользование имуществом, находящимся на объекте (территории)

Арендаторы отсутствуют

(полное и сокращенное наименование организации, основной вид деятельности, общее количество работников (сотрудников), расположение рабочих мест на объекте (территории), занимаемая площадь (кв. метров), режим работы, ф.и.о., номера телефонов (служебного, мобильного) руководителя организации, срок действия аренды и (или) иные условия нахождения (размещения) на объекте (территории))

III. Сведения о потенциально опасных участках и (или) критических элементах объекта (территории)

1. Потенциально опасные участки объекта (территории) (при наличии)

№ п/п	Наименование	Количество человек, находящихся на участке, человек	Общая площадь, кв. метров	Характер террористической угрозы	Характер возможных последствий
1	АБК	75 человек	2350	Захват заложников	Взрыв, гибель, ранения заложников

2. Критические элементы объекта (территории) (при наличии)

В качестве критических элементов объекта указываются те элементы, которые могут быть предметом атаки в случае теракта. Например, несущие конструкции, сосуды под давлением свыше 0,07 МПа, иные ОПО и т.д.

№ п/п	Наименование	Количество человек, находящихся на участке, человек	Общая площадь, кв. метров	Характер террористической угрозы	Характер возможных последствий
1	-	-	-	-	-

3. Возможные места и способы проникновения на объект (территорию)

Периметр территории

4. Наиболее вероятные средства поражения, которые могут применяться при совершении террористического акта

Взрывные устройства.

IV. Прогноз последствий совершения террористического акта на объекте (территории)

1. Предполагаемые модели действий нарушителей

Взятие заложников.

(краткое описание основных угроз совершения террористического акта на объекте (территории), возможность размещения на объекте (территории) взрывных устройств, захват заложников из числа работников и иных лиц, находящихся на объекте (территории), наличие рисков химического, биологического и радиационного заражения (загрязнения)

2. Возможные последствия совершения террористического акта на объекте (территории)

Площадь возможной зоны разрушения (заражения) в случае совершения террористического акта составит 2350 м²

(площадь возможной зоны разрушения (заражения) в случае совершения террористического акта, кв. метров, иные ситуации в результате совершения террористического акта)

3. Оценка социально-экономических последствий совершения террористического акта на объекте (территории)

№ п/п	Возможные людские потери, человек	Возможные нарушения инфраструктуры	Возможный экономический ущерб, рублей
1	До 75 человек	Разрушение зданий	До 35 млн. рублей

V. Силы и средства, привлекаемые для обеспечения антитеррористической защищенности объекта (территории)

1. Силы, привлекаемые для обеспечения антитеррористической защищенности объекта (территории)

Охрана осуществляется ЧОП

2. Средства, привлекаемые для обеспечения антитеррористической защищенности объекта (территории)

Специальные средства и вооружение (гражданское и служебное оружие)

VI. Меры по инженерно-технической, физической защите и пожарной безопасности объекта (территории)

1. Меры по инженерно-технической защите объекта (территории):

а) объектовые и локальные системы оповещения

Диспетчерская радиосвязь, мобильная сотовая связь

(наличие, марка, характеристика)

б) резервные источники электро-, тепло-, газо- и водоснабжения, систем связи

Дизельные генераторы в количестве 1 шт.

(наличие, количество, характеристика)

в) технические системы обнаружения несанкционированного проникновения на объект (территорию), оповещения о несанкционированном проникновении на объект (территорию) или системы физической защиты

Ограничение доступа к технологическим системам

(наличие, марка, количество)

г) стационарные и ручные металлоискатели

Стационарные аэрозольные металлоискатели – 1 шт.

(наличие, марка, количество)

д) телевизионные системы охраны

Видеонаблюдение при помощи видеокамер

(наличие, марка, количество)

е) системы охранного освещения

Для освещения территории объекта в темное время суток задействовано освещение, состоящее из 40 мачт

(наличие, марка, количество)

2. Меры по физической защите объекта (территории):

а) количество контрольно-пропускных пунктов (для прохода людей и проезда транспортных средств)

Количество КПП – 2; проходные – 1

б) количество эвакуационных выходов (для выхода людей и выезда транспортных средств)

2 эвакуационных выхода

в) электронная система пропуска

СКУД

(наличие, тип установленного оборудования)

г) укомплектованность личным составом нештатных аварийно-спасательных формирований (по видам подразделений)

Нет

(человек, процентов)

3. Меры по обеспечению пожарной безопасности объекта (территории):

а) наружное противопожарное водоснабжение

Система противопожарного наружного водоснабжения 200 мм

(наличие, тип, характеристика)

б) внутреннее противопожарное водоснабжение

Внутренний пожарный водопровод

(наличие, тип, характеристика)

в) автоматическая установка пожарной сигнализации

Адресная АПС «Сигнал-20»

(наличие, тип, характеристика)

г) автоматическая установка пожаротушения

Отсутствует

(наличие, тип, характеристика)

д) система противодымной защиты

Отсутствует

(наличие, тип, характеристика)

е) система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре

СОУЭ второго типа

(наличие, тип, характеристика)

ж) противопожарное состояние путей эвакуации и эвакуационных выходов

Эвакуационные пути и выходы соответствуют требованиям

(количество, параметры)

4. План взаимодействия с территориальными органами безопасности, территориальными органами МВД России и территориальными органами Росгвардии по защите объекта (территории) от террористических угроз

(наличие, реквизиты документа)

VII. Выводы и рекомендации

Надежность охраны и способность противостоять попыткам совершения террористических актов соответствует требованиям

VIII. Дополнительная информация с учетом особенностей объекта (территории)

Отсутствует

(наличие на объекте (территории) режимно-секретного органа, его численность (штатная и фактическая), количество сотрудников объекта (территории), допущенных к работе со сведениями, составляющими государственную тайну, меры по обеспечению режима секретности и сохранности секретных сведений)

(наличие на объекте (территории) локальных зон безопасности)

(другие сведения)