

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Исследование особенностей планирования и разработки моделей
организации тушения крупномасштабных пожаров

Обучающийся

Н.С. Матвеевко

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., А.В. Краснов

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

Консультант

к.э.н., доцент Фрезе Т.Ю.

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

Тольятти 2025

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 3 |
| Термины и определения..... | 10 |
| Перечень сокращений и обозначений..... | 16 |
| 1 Основы организации тушения крупномасштабных пожаров | 17 |
| 1.1 Нормативные правовые основы по организации тушения крупномасштабных пожаров | 17 |
| 1.2 Исследование научных источников по организации тушения крупномасштабных пожаров | 27 |
| 2 Исследование особенностей планирования и организации тушения крупномасштабных пожаров | 32 |
| 2.1 Анализ основных проблем планирования тушения крупномасштабных пожаров | 32 |
| 2.2 Организация тушения крупномасштабных пожаров..... | 36 |
| 3 Разработка модели по организации тушения крупномасштабных пожаров | 50 |
| 3.1 Разработка модели и предложения по ее внедрению | 50 |
| 3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности | 54 |
| Заключение | 73 |
| Список используемых источников..... | 77 |

Введение

В последние годы возросло количество пожаров, связанных с рядом крупных и разрушительных пожаров, как в лесных массивах, так и в городских зонах, что подчеркивает важность создания наиболее эффективного подхода к планированию и тушению таких пожаров.

Актуальность темы обусловлена возрастанием частоты и интенсивности лесных и городских пожаров, вызванных изменениями климата, урбанизацией и небрежным обращением с природой. Эти факторы ставят перед обществом задачу улучшения эффективности систем противопожарной безопасности и реагирования на чрезвычайные ситуации. В условиях глобальных изменений необходимо создавать адекватные и гибкие модели, учитывающие специфику различных регионов и экологических условий.

Современные методы планирования тушения пожаров требуют интеграции данных о состоянии окружающей среды, волонтерских ресурсов и современных технологий, таких как беспилотные летательные аппараты и геоинформационные системы.

Объект исследования: методы управления силами и средствами для ликвидации крупномасштабных пожаров.

Предмет исследования: организация тушения крупномасштабных пожаров.

Цели магистерской диссертации: совершенствование организации тушения крупномасштабных пожаров за счёт более эффективных моделей применения сил и средств пожарных подразделений.

Гипотеза исследования состоит в том, что повысится эффективность организации тушения крупномасштабных пожаров, если:

- будут изучены нормативные правовые основы по организации тушения крупномасштабных пожаров;
- будут определены достоинства и недостатки методов организации

- тушения крупномасштабных пожаров;
- будут проанализированы основные проблемы планирования тушения крупномасштабных пожаров;
 - будут исследованы особенности организации тушения крупномасштабных пожаров;
 - будут разработаны модели и предложения по внедрению методов организации тушения крупномасштабных пожаров;
 - будет оценена эффективность предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи:

- изучить нормативные правовые основы по организации тушения крупномасштабных пожаров;
- провести исследование научных источников по организации тушения крупномасштабных пожаров;
- провести анализ основных проблем планирования тушения крупномасштабных пожаров;
- провести исследование особенностей организации тушения крупномасштабных пожаров;
- разработать модели и предложения по внедрению методов организации тушения крупномасштабных пожаров;
- оценить эффективность предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Теоретико-методологическую основу исследования составили:

- статистика пожарных инцидентов на исследуемых объектах и показатели эффективности систем применения сил и средств при тушении пожаров;
- положения основных нормативных документов;
- научные труды и информационные статьи по вопросам обеспечения пожарной безопасности в зданиях промышленной этажности, а

также факторы, влияющие на развитие пожара в высотных зданиях;

- системный анализ, позволяющий рассматривать пожары как сложные системы, включающие множество взаимосвязанных элементов.

Базовыми для настоящего исследования явились также:

- данные Главного управления государственной противопожарной службы МЧС России;
- оперативно-тактическая характеристика объекта;
- данные о динамике опасных факторов пожара;
- рекомендации по управлению силами и средствами для тушения крупных пожаров;
- сведения о создании и функционировании опорных пунктов тушения.

Методы исследования:

- методы аналитического уровня;
- методы эмпирического уровня;
- численное моделирование;
- применение современных вычислительных моделей;
- использование программных инструментов.

Опытно-экспериментальная база исследования:

- ГБУЗ ГП №64 ДЗМ;
- пожарная часть № 26 г. Москвы.

Научная новизна исследования заключается в:

- установлении функциональных зависимостей между параметрами пожара и процесса его локализации с учётом применяемых способов тушения;
- разработке организационной структуры сил и средств пожаротушения и предложение показателей уровня организации оперативной борьбы с пожарами, и обеспеченности силами и

- средствами пожаротушения для конкретной территории;
- обосновании основных принципов планирования тушения крупномасштабных пожаров и методов тактических расчётов;
 - оптимизации процесса борьбы с крупномасштабными пожарами на основе разработанных экономико-математических моделей по критерию суммарных затрат на доставку сил и средств и тушение пожара.

Теоретическая значимость данного исследования заключается в:

- предложении новых способов и технических решений по тушению пожаров и проведению отжига с целью повышения эффективности борьбы с крупномасштабными пожарами и совершенствования тактики их тушения;
- изучении основных принципов планирования и моделирования процессов тушения;
- поиске новых подходов и методов, способствующих более эффективной борьбе с пожарами;
- решении проблемы отсутствия четкой системы мониторинга за пожарами;
- обосновании организационной структуры сил и средств пожаротушения при борьбе с крупномасштабными пожарами;
- обосновании основных принципов планирования тушения и разработка методов тактических расчётов.

Практическая значимость данного исследования заключается в:

- разработке эффективных стратегий и тактик для борьбы с крупными пожарами;
- минимизации ущерба и защите жизней людей;
- оптимизация расходов на огнетушащие вещества;
- управлении силами и средствами;
- создании опорных пунктов тушения;

- применении робототехнических средств и технологий термовизуального мониторинга.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- научным анализом деятельности пожарно-спасательных подразделений при тушении пожаров и проведении связанных с ними аварийно-спасательных работ;
- использованием различных методов исследования, включая системный и структурный анализ, математическую статистику, кластерный анализ, аналитические пакеты языка программирования;
- анализом статистических данных о пожарных инцидентах на исследуемых объектах и показателей эффективности систем управления силами и средствами при тушении пожаров.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в:

- теоретическом исследовании особенностей тушения крупномасштабных пожаров;
- проведении расчётов сил и средств, определении времени ликвидации возгорания при различных методах тушения крупномасштабных пожаров;
- проведении разбора пожаров с начальствующим составом территориального органа МЧС России;
- анализе действия должностных лиц и подразделений на пожаре;
- постановке задачи по улучшению организации тушения пожаров;
- повышении боеготовности подразделений и улучшению качества профилактической работы.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на следующей конференции:

XXVIII Международной научно-практической конференции «Научные исследования молодых учёных».

На защиту выносятся:

- рекомендации по созданию межведомственного взаимодействия, которая подразумевает интеграцию ресурсов и сил различных служб: пожарной охраны, полиции, медицинских учреждений, а также местных властей и является ключевой составляющей успешной организации тушения крупных пожаров;
- метод организации тушения крупномасштабных пожаров, включающий разработку сценариев распространения пожаров, помогают службам экстренного реагирования оценить возможные пути огня, основываясь на данных о прошлых инцидентах и текущих условиях;
- выявленная проблема планирования тушения крупномасштабных пожаров, которая выражается в необходимости принятия быстрых и правильных решений в условиях кризиса. В случае крупномасштабных пожаров, каждая минута имеет значение, и любая ошибка или задержка может привести к серьезным последствиям. Поэтому, специалисты, занимающиеся планированием тушения крупномасштабных пожаров, должны быть готовы к различным вариантам развития обстановки на месте пожара;
- выявленные особенности организации тушения крупномасштабных пожаров, которые показали, что формированиям аэромобильной группировке территориального органа МЧС России назначаются зоны ответственности, указываются очаги пожаров, к тушению которых необходимо приступить в кратчайшие сроки, направления сосредоточения основных усилий, вопросы взаимодействия с формированиями лесничеств и противопожарной службы;
- предложенные модели и предложения по внедрению методов

- организации тушения крупномасштабных пожаров, которые показали что внедрение современных технологий, таких как дроны для мониторинга, системы спутниковой связи и мобильные приложения для координации действий между различными группами спасателей улучшит коммуникацию и распределение ресурсов, позволит значительно повысить эффективность тушения;
- результаты оценки эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности, которые показали что экономический эффект от реализации предложенных методов организации тушения крупномасштабных пожаров составит: 83156063,6 руб.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 5 таблиц, 1 рисунок, список используемой литературы (31 источник). Основной текст работы изложен на 81 страницах.

Термины и определения

Безопасное место – место, удаленное от источника опасности, где обеспечивается защита людей, животных, веществ, материалов и других объектов от опасных факторов техногенных и природных проявлений.

Безопасность – состояние защищённости жизненно важных интересов личности, общества, государства от внутренних и внешних угроз, либо способность предмета, явления или процесса сохраняться при разрушающих воздействиях.

Боевая готовность (боеготовность) – состояние сил и средств гарнизона, подразделения, противопожарного формирования, обеспечивающее успешное выполнение задачи, возложенной на него боевым уставом.

Боевая позиция – место расположения сил и средств и ведение боевых действий по спасению людей и имущества, подаче огнетушащих веществ, выполнению специальных работ на пожаре.

Боевое развертывание – приведение сил и средств в состояние готовности для немедленного выполнения боевых задач на пожаре.

Боевой расчет – личный состав на пожарном автомобиле в определенном количестве, имеющий готовность к выполнению боевых задач на пожаре, аварии.

Боевой устав – основной нормативный документ, определяющий порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на территории Российской Федерации подразделениями пожарной охраны.

Боевой участок – участок в здании или на местности, где работают силы и средства по выполнению конкретной задачи и под единым руководством.

Боевые действия – предусмотренное уставом организационное применение сил и средств пожарной охраны для выполнения основной

боевой задачи.

Боеспособность – способность подразделения выполнить боевую задачу в пределах своих тактических возможностей.

Дежурство – период непрерывного несения службы личным составом караула или дежурной смены, включая участие их в тушении пожара.

Действия по тушению пожара – организованное применение сил и средств пожарной охраны для выполнения задачи по тушению пожара.

Зона пожара – территория, на которой существует угроза причинения вреда жизни и здоровью граждан, имуществу физических и юридических лиц в результате воздействия опасных факторов пожара и (или) осуществляются действия по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожара.

Интероперабельность – способность различных служб и технологий взаимодействовать друг с другом.

Карточка тушения пожара – документ, содержащий основные данные об организации (объекте) и путях эвакуации, позволяющий РТП быстро и правильно организовать действия подразделений пожарной охраны по спасанию людей и тушению пожара.

Координация в области пожарной безопасности – деятельность по обеспечению взаимосвязи (взаимодействия) и слаженности элементов системы обеспечения пожарной безопасности.

Ликвидация пожара – стадия (этап) тушения пожара, на которой прекращено горение и устранены условия для его повторного возникновения.

Локализация пожара – стадия (этап) тушения пожара, на которой отсутствует или ликвидирована угроза людям или животным, прекращено распространение пожара и созданы условия для его ликвидации имеющимися силами и средствами.

Огнетушащие вещества – вещества, обладающие физико-химическими свойствами, позволяющими создать условия для прекращения горения.

Опасные факторы пожара – факторы пожара, воздействие которых

может привести к травме, отравлению или гибели человека и (или) к материальному ущербу.

Оперативная обстановка – совокупность обстоятельств и условий в районе выезда подразделения (гарнизона), влияющих на определение задач и характер их выполнения.

Оперативно-тактические особенности района выезда – совокупность условий, которые могут способствовать или препятствовать возникновению, развитию и тушению пожара, а также определить его возможные масштабы и последствия.

Оперативный штаб на пожаре – временно сформированный орган РТП для управления боевыми действиями на пожаре.

Оперативный штаб на пожаре – временно сформированный руководителем тушения пожара орган для управления силами и средствами на пожаре.

Организация тушения пожаров – совокупность оперативно-тактических и инженерно-технических мероприятий (за исключением мероприятий по обеспечению первичных мер пожарной безопасности), направленных на спасение людей и имущества от опасных факторов пожара, ликвидацию пожаров и проведение аварийно-спасательных работ.

Организация тушения пожаров – это совокупность оперативно-тактических и инженерно-технических мероприятий, направленных на спасение людей и имущества от опасных факторов пожара, ликвидацию пожаров и проведение аварийно-спасательных работ.

Основная задача при тушении пожаров – спасение людей в случае угрозы их жизни и здоровью, достижение локализации и ликвидация пожара в сроки и в размерах, определяемых возможностями сил и средств, привлеченных к его тушению.

Основная позиция – место расположения сил и средств пожарной охраны, осуществляющих непосредственное ведение основных действий по спасанию людей и имущества, подаче огнетушащих веществ, выполнению

специальных работ на пожаре.

Основные действия – организованное применение сил и средств пожарной охраны для выполнения основной задачи.

Оценка обстановки на пожаре – вывод, сформированный на основе результатов разведки пожара, обобщения и анализа полученных сведений.

Очаг пожара – место первоначального возникновения пожара.

Периметр пожара – общая длина внешней границы площади пожара.

План привлечения сил и средств – расписание выезда, устанавливающее порядок привлечения сил и средств гарнизона (гарнизонов) к тушению пожаров на территории субъекта российской федерации, сельского района.

План тушения пожара – документ, прогнозирующий обстановку и устанавливающий основные вопросы организации тушения развившегося пожара в организации (на объекте).

Планирование тушения крупномасштабных пожаров – это процесс разработки детального плана действий, направленных на ликвидацию пожара, который охватывает широкую территорию и может представлять угрозу для людей, зданий, и окружающей среды.

Площадь пожара – площадь проекции зоны горения на горизонтальную или вертикальную плоскость.

Площадь тушения пожара – часть площади пожара, на которую в данный момент подается огнетушащее вещество.

Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

Пожарная охрана – совокупность созданных в установленном порядке органов управления, подразделений и организаций, предназначенных для организации профилактики пожаров, их тушения и проведения возложенных на них аварийно-спасательных работ.

Пожарная техника – технические средства для предотвращения, ограничения развития, тушения пожара, защиты людей и материальных

ценностей на пожаре.

Пожарное вооружение – комплект, состоящий из пожарного оборудования, ручного пожарного инструмента, пожарных спасательных устройств, средств индивидуальной защиты, технических устройств для конкретных пожарных машин в соответствии с их назначением.

Пожарное оборудование – оборудование, входящее в состав коммуникаций пожаротушения (рукавные линии, развертки, пожарный кран, стволы), а также средства технического обслуживания этого оборудования.

Пожарно-техническое вооружение – комплект, состоящий из пожарного оборудования, ручного пожарного инструмента, пожарных спасательных устройств, средств индивидуальной защиты, технических устройств для конкретных пожарных машин в соответствии с их назначением.

Пожарный расчет – первичное тактическое подразделение пожарной охраны на пожарном (пожарно-спасательном) автомобиле, способное самостоятельно решать отдельные задачи по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ.

Порядок привлечения сил и средств – совокупность организационно-правовых и технических мероприятий по обеспечению сосредоточения на месте пожара необходимых и достаточных для успешного тушения сил и средств пожарной охраны.

Профилактика – мероприятия по предупреждению возникновения крупных возгораний.

Развертывание – приведение сил и средств в состояние готовности для немедленного выполнения задач на пожаре.

Развитие пожара – увеличение зоны горения и/или вероятности воздействия опасных факторов пожара.

Район выезда подразделения – территория, на которой расписанием выезда предусмотрено первоочередное направление подразделения по вызову на пожар.

Расписание выезда – установленный в соответствии с законодательством и уставом порядок привлечения сил и средств гарнизона к тушению пожаров в городе или населенном пункте.

Решающее направление – направление основных действий пожарной охраны, на котором использование сил и средств, в данный момент времени, обеспечивает наилучшие условия решения основной задачи.

Руководитель тушения пожара – старшее оперативное должностное лицо пожарной охраны (если не установлено иное), которое управляет на принципах единоначалия личным составом пожарной охраны, участвующим в тушении пожара, а также привлеченными к тушению пожара силами [23].

Силы и средства пожарной охраны – личный состав пожарной охраны, пожарная техника, средства связи и управления, огнетушащие вещества и иные технические средства, находящиеся на вооружении пожарной охраны.

Система обеспечения пожарной безопасности – «совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на борьбу с пожарами» [25].

Спасание людей при пожаре – действия по эвакуации людей, которые не могут самостоятельно покинуть зону, где имеется возможность воздействия на них опасных факторов пожара.

Тактические возможности пожарных подразделений – способность подразделения выполнить максимальный объем аварийно-спасательных работ по тушению пожаров и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций за определенное время.

Участок тушения пожара – часть территории на месте пожара, на которой сосредоточены силы и средства, объединенные поставленной задачей и единым руководством.

Перечень сокращений и обозначений

- АСНДР – аварийно-спасательные и другие неотложные работы.
- АСР – аварийно-спасательные работы.
- БПЛА – беспилотный летательный аппарат.
- БУ – боевой участок.
- ГДЗС – газодымозащитная служба.
- ГИС – географическая информационная система.
- ГНС – глобальная навигационная система.
- ГО – гражданская оборона.
- ЗХЗ – зона химического заражения.
- ЗНТ ЧС – защита населения и территорий от ЧС.
- ЗРЗ – зона радиоактивного заражения.
- КПП – контрольно-пропускной пункт.
- КТП – карточка тушения пожара.
- КТС – комплекс технических средств.
- НАСФ – нештатные аварийно-спасательные формирования.
- НТ – начальник тыла.
- НФГО – нештатные формирования по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне.
- НШ – начальник штаба.
- ОГ – оперативная группа.
- ОКСИОН – Общероссийская комплексная система информирования и оповещения населения.
- ОП – отдельный пост.
- ОПТКП – опорный пункт тушения крупных пожаров и проведения аварийно-спасательных работ.
- ТВМ – термовизуальный мониторинг.

1 Основы организации тушения крупномасштабных пожаров

1.1 Нормативные правовые основы по организации тушения крупномасштабных пожаров

Основными причинами крупномасштабных пожаров являются климатические изменения, человеческая активность, а также неподходящие методы управления лесными ресурсами.

При определении крупномасштабных пожаров важно учитывать не только физическую площадь, охваченную огнем, но и его интенсивность, продолжительность, а также влияние на экосистемы и населенные пункты. В этом контексте пожары могут классифицироваться на низкоинтенсивные, среднеинтенсивные и высокоинтенсивные, в зависимости от скорости распространения, температуры и высвобождаемой энергии.

Для борьбы с такими явлениями необходимо внедрять комплексные меры, которые включают как профилактику, так и оперативные действия по тушению, адаптацию лесной политики и образования населения. Общественные программы по повышению осведомленности о рисках и влияние изменения климата играют ключевую роль в уменьшении уязвимости к крупномасштабным пожарам.

Значение нормативных правовых основ в организации тушения пожаров невозможно переоценить.

Таким образом, надежная правовая база способствует не только быстрому и слаженному реагированию, но и формированию культуры безопасности, что в конечном итоге снижает риски возникновения пожаров и их последствий.

В современных условиях, когда крупномасштабные пожары становятся все более частыми и разрушительными, особое внимание необходимо уделить нормативным правовым основам их тушения. Эффективное планирование и организация работ противодействия таким катастрофам

требуют системного подхода, включающего в себя разработку моделей, учитывающих специфику различных регионов, климатические условия и особенности природных экосистем.

Одной из ключевых составляющих успешной организации тушения крупных пожаров является создание межведомственного взаимодействия. Оно подразумевает интеграцию ресурсов и сил различных служб: пожарной охраны, полиции, медицинских учреждений, а также местных властей.

На сегодняшний день в России существует множество нормативных актов, которые регулируют вопросы пожарной безопасности. Одним из таких документов является Федеральный закон № 69 «О пожарной безопасности» [20], который вводит общие принципы безопасности, необходимые для профилактики и ликвидации различных видов пожаров.

Согласно этому закону, основными участниками в процессе тушения пожаров являются:

- государственные органы – занимаются организацией и координацией действий по ликвидации последствий пожаров.
- организации, осуществляющие противопожарную защиту – предоставляют услуги и ресурсы, необходимые для тушения огня.
- граждане – имеют право на безопасность и, в случае необходимости, обязаны сообщать о возникновении угрозы.

«Федеральный закон «О пожарной безопасности» № 69 вводит в действие комплекс мер, направленных на предупреждение и тушение крупных пожаров, угрожающих безопасности населения и окружающей среде» [3].

«Таким образом, Федеральный закон № 69 «О пожарной безопасности» охватывает все аспекты, связанные с предотвращением и тушением крупных пожаров, и становится основой для развития государственной политики в данной области» [3].

В соответствии с Федеральным законом № 69 «О пожарной безопасности», устанавливаются четкие обязанности органов власти на

федеральном, региональном и муниципальном уровнях, определяя их функции в области профилактики и тушения пожаров [3].

«Он подчеркивает важность взаимодействия между различными службами – от МЧС до местных органов самоуправления» [1]. Это способствует интеграции ресурсов, обмену информацией и координации действий, что делает систему более устойчивой и готовой к вызовам, связанным с пожарной безопасностью.

Особое внимание в законе уделяется подготовке и оснащению пожарных подразделений, а также обучению гражданских экстренных служб. Инвестиции в технологии и оборудование, такие как беспилотники для мониторинга и раннего обнаружения пожаров, также рассматриваются как ключевая мера по повышению эффективности тушения. Закон №69-ФЗ [3], следовательно, не только регулирует процесс, но и закладывает основы для инновационного подхода в борьбе с огненной стихией.

Федеральный Закон устанавливает механизм финансирования мероприятий по предупреждению пожаров, что позволяет регионам получать необходимые средства для реализации программ по обучению и оснащению пожарных подразделений.

Постановление Правительства Российской Федерации «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» от 30.12.2003 № 794 регламентирует действия государственных и муниципальных органов, а также специализированных служб при возникновении чрезвычайных ситуаций. Основная цель данного документа – обеспечение оперативности и эффективности в борьбе с огнем, что имеет критическое значение для сохранения жизни людей, имущества и экосистемы [18].

В соответствии с постановлением, особое внимание уделяется созданию системы раннего обнаружения пожаров и быстрого реагирования [3]. Организуются обучения для работников, ответственных за тушение, что способствует повышению их квалификации и готовности к действиям в

экстренных ситуациях [4]. Также прописаны действия по взаимодействию между различными службами, что позволяет обеспечить координацию усилий.

Важно отметить, что постановление также устанавливает обязательные требования к техническому оснащению пожарных частей, а также к использованию новых технологий в тушении. Внедрение современных средств и методов борьбы с огнем значительно увеличивает шансы на минимизацию ущерба.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» от 30.12.2003 № 794, организация тушения пожаров является важным инструментом в системе обеспечения пожарной безопасности, направленным на сохранение жизни и здоровья граждан [18]. В целях минимизации ущерба и обеспечения безопасности граждан, документ регламентирует действия государственных органов, местного самоуправления, а также организаций, задействованных в ликвидации чрезвычайных ситуаций [9].

Боевой устав подразделений пожарной охраны, определяющий порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ определяет порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на территории Российской Федерации подразделениями пожарной охраны, в том числе порядок действий личного состава при тушении пожаров и проведении АСР, основные принципы управления и реагирования подразделений пожарной охраны, за исключением тушения лесных пожаров, организации тушения пожаров и проведения АСР на опасных производственных объектах, на которых ведутся горные работы.

Положения Боевого устава распространяются на органы управления, органы государственного пожарного надзора, подразделения, организации независимо от их ведомственной принадлежности, организационно-правовых форм, к функциям которых отнесены профилактика и тушение пожаров, а

также проведение АСР, объединенные в территориальные (местные) пожарно-спасательные гарнизоны.

Тушение пожаров и проведение АСР осуществляются в соответствии с положениями настоящего Боевого устава при условии соблюдения требований охраны труда, установленных правилами по охране труда в подразделениях Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы и иными нормативными правовыми актами в области охраны труда.

Тушение пожаров представляет собой действия, направленные на спасение людей, имущества и ликвидацию пожаров. Тушение пожаров осуществляется в соответствии с настоящим Боевым уставом с учетом специфики зданий (сооружений), в которых произошел пожар.

Боевые действия по тушению пожаров начинаются с момента получения сообщения о пожаре и считаются законченными с момента восстановления боеготовности подразделения пожарной охраны к тушению пожара и проведению АСР.

Боевые действия по тушению пожаров включают следующие этапы:

- а) боевые действия по тушению пожаров, проводимые до прибытия к месту пожара:
 - 1) прием и обработка сообщения о пожаре,
 - 2) выезд и следование к месту пожара;
- б) боевые действия по тушению пожаров, проводимые на месте пожара:
 - 1) прибытие к месту пожара.
 - 2) управление силами и средствами на месте пожара.
 - 3) разведка пожара.
 - 4) спасение людей.
 - 5) боевое развертывание сил и средств.
 - 6) ликвидация горения.
 - 7) проведение АСР, связанных с тушением пожара, и других

специальных работ;

в) боевые действия по тушению пожаров, проводимые после тушения пожара:

- 1) сбор и следование в место постоянной дислокации,
- 2) восстановление боеготовности подразделения пожарной охраны.

На уровне субъектов Российской Федерации дополнительно разрабатываются региональные программы, учитывающие специфику природных и техногенных пожаров. Важную роль в этом процессе играют сводные правила, устанавливающие порядок проведения учений и тренировок по тушению крупных пожаров, а также правила взаимодействия различных служб, включая МЧС России, местные органы власти и добровольные пожарные формирования.

«В зависимости от специфики крупномасштабного пожара могут быть задействованы и другие Федеральные законы, например, касающиеся чрезвычайных ситуаций (например, Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 № 68-ФЗ (последняя редакция), охраны окружающей среды (при наличии экологического ущерба), обеспечения безопасности населения» [19].

«В соответствии с Федеральным законом № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 № 68-ФЗ (последняя редакция), устанавливаются правовые основы для эффективного управления процессами локализации и пожаров на территории Российской Федерации» [19]. Он регламентирует взаимодействие между различными государственными и муниципальными структурами, а также определяет роль граждан в предупреждении и ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами.

Федеральный закон подчеркивает важность своевременного

планирования мероприятий по пожарной безопасности, включая разработку планов эвакуации, создание резервов материально-технических средств и кадрового обеспечения. Он также требует от ответственных лиц постоянного мониторинга обстановки с пожарами и учета происшествий для оптимизации реагирования на возможные угрозы.

Согласно 68-ФЗ, особое внимание уделяется подготовке кадров в области пожарной безопасности. Специальные учебные заведения и программы профессиональной подготовки, предусмотренные законом, «способствуют формированию квалифицированного состава пожарной охраны и повышению уровня общей безопасности» [19].

Таким образом, 68-ФЗ «создает комплексную систему, гарантирующую не только защиту жизни и здоровья граждан, но и сохранение материальных ценностей» [19], что является ключевым аспектом в борьбе с природными и техногенными пожарами.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 16.09.2020 №1479 [21] устанавливаются правила противопожарного режима, обеспечивающие безопасность населения и защиту природных ресурсов.

Это создает не только дополнительный уровень защиты, но и формирует сознательное отношение общества к проблеме пожарной безопасности.

Совершенствование правил противопожарного режима также включает регулярный мониторинг и анализ данных о потенциальных рисках. Создание систем раннего предупреждения, основанных на современных информационных технологиях, позволяет оперативно информировать население о возникших угрозах и минимизировать реакцию на них. Это особенно актуально в условиях растущей угрозы природных катастроф, связанных с климатическими изменениями.

Важным аспектом является также образовательная работа с населением. Проведение семинаров, лекций и информационных кампаний, направленных на обучение граждан основам пожарной безопасности,

способствует снижению числа возгораний, связанных с неосторожным обращением с огнем. Эти меры позволяют формировать у населения культуру безопасности и ответственность за окружающую среду.

Приказ МЧС России от 16.01.2023 №13 «Об утверждении Положения о функциональной подсистеме предупреждения и тушения пожаров единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» определяет порядок организации и функционирования функциональной подсистемы предупреждения и тушения пожаров единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – Функциональная подсистема) [23].

Функциональная подсистема создается Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и является частью единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее – РСЧС).

«Функциональная подсистема предназначена для обеспечения готовности органов управления и сил и средств МЧС России к оперативному реагированию при чрезвычайных ситуациях (далее – ЧС) федерального и межрегионального характера в закрытых административно-территориальных образованиях, особо важных и режимных организациях, в которых создаются специальные и воинские подразделения федеральной противопожарной службы (далее – ФПС), в организациях, в которых создаются объектовые подразделения ФПС, на объектах, охраняемых договорными подразделениями ФПС (далее – объекты и территории)» [19].

«Деятельность Функциональной подсистемы включает в себя организацию подготовки и проведения мероприятий по профилактике и тушению пожаров на объектах и территориях, обеспечение постоянной готовности сил и средств Функциональной подсистемы к реагированию на тушение пожаров на объектах и территориях» [19].

«Основными задачами Функциональной подсистемы на объектах и

территориях являются:

- профилактика пожаров;
- организация и осуществление тушения пожаров при ликвидации ЧС федерального и межрегионального характера;
- проведение аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров (далее – АСР);
- спасение людей и имущества при пожарах» [19].

«Основными функциями Функциональной подсистемы на объектах и территориях являются:

- профилактика и тушение пожаров, проведение АСР;
- противопожарная пропаганда и обучение населения мерам пожарной безопасности
- сбор и обработка информации в области обеспечения пожарной безопасности;
- координация деятельности подразделений пожарной охраны при тушении пожаров» [19].

«К силам и средствам Функциональной подсистемы относятся силы и средства объектовых, договорных и специальных подразделений ФПС, осуществляющих в пределах своей компетенции профилактику и тушение пожаров на объектах и территориях» [19].

«Привлечение сил и средств Функциональной подсистемы для предупреждения и тушения пожаров при ликвидации ЧС федерального или межрегионального характера на объектах и территориях осуществляется в соответствии с решением Министра или его заместителя, курирующего вопросы координации деятельности пожарно-спасательных подразделений ФПС» [19].

Ответственность за организацию тушения на различных уровнях представляет собой сложный и многогранный процесс, в который вовлечены различные структурные единицы и организации.

На уровне государственной власти осуществляется стратегическое планирование и координация действий сил и средств, что позволяет обеспечить оперативное реагирование на возникающие чрезвычайные ситуации [16]. Не менее важна роль местных органов, которые непосредственно проводят оценку ситуации, вмешиваются для ликвидации источников возгорания и поддерживают связь с населением.

На уровне предприятий и организаций ответственность лежит на руководителях, которые создают план действий на случай пожара, обучают персонал и обеспечивают наличие необходимых средств пожаротушения. Четкая протокольная структура взаимодействия между всеми участниками процесса является залогом успешного тушения.

После ликвидации пожара, необходимо уделить внимание восстановлению пострадавших территорий и проведению анализа ситуации для улучшения профилактических мер в будущем. Системный подход и совместные усилия всех участников процесса – залог успешной борьбы с крупномасштабными пожарами.

Важнейшим аспектом эффективного тушения крупномасштабных пожаров является координация между различными службами и организациями, задействованными в этом процессе. Пожарные, спасатели, экологи, медицинские специалисты и местные власти должны действовать как единое целое, чтобы минимизировать последствия стихийного бедствия.

Создание единой информационной системы, позволяющей обмениваться данными о текущей ситуации, задействованных ресурсах и необходимых действиях, становится критически важным [28]. Четкое распределение ответственности и разработка общих протоколов действий позволяют снизить время реагирования на пожар.

Таким образом, нормативные правовые основы по организации тушения крупномасштабных пожаров играют ключевую роль в обеспечении безопасности населения и среды обитания.

1.2 Исследование научных источников по организации тушения крупномасштабных пожаров

В современном мире организация тушения крупномасштабных пожаров представляет собой сложный и многоуровневый процесс, требующий координации ресурсов, технологий и профессиональных кадров. Особое внимание уделяется разработке планов оперативного реагирования, которые основываются на анализе рисков и характерных особенностях территории [5].

Важнейшим аспектом является создание межведомственных взаимодействий, позволяющих объединить усилия различных служб – диспетчерских, спасательных, медицинских и экологических. Эффективная коммуникация и своевременное информирование населения о возможных угрозах играют ключевую роль в минимизации ущерба.

Их использование в сочетании с современными алгоритмами обработки данных повышает эффективность принятия решений в условиях кризиса.

Одним из ключевых аспектов успешного реагирования на крупномасштабные пожары является разработка сценариев их распространения. Эти сценарии помогают службам экстренного реагирования оценить возможные пути огня, основываясь на данных о прошлых инцидентах и текущих условиях. Системы геоинформационного моделирования (ГИС) становятся незаменимым инструментом для визуализации и анализа данных, позволяя оперативно обновлять информацию о динамике пожара и его воздействии на экосистемы [7].

Кроме того, важным направлением является обучение и подготовка персонала, активно работающего в условиях высокой степени неопределенности. Психологическая готовность работников служб экстренного реагирования обеспечивает эффективное выполнение задач и быстрое реагирование на изменения ситуации.

Применение специализированной техники и оборудования, включая воздушные и наземные средства пожаротушения, позволяет эффективно сдерживать распространение огня.

Кроме того, важное значение имеет подготовка населения и обучение добровольцев, способных принять участие в ликвидации последствий. Ответственные действия и готовность всех участников процесса способны обеспечить успешное тушение пожаров и защиту экосистемы, что в конечном итоге ведёт к сохранению жизней и ресурсов.

Методика организации тушения крупномасштабных пожаров включает в себя комплекс мероприятий, направленных на эффективное предотвращение, обнаружение и ликвидацию огня.

Основным приоритетом является защита жизни людей и имущества, а также минимизация экологического ущерба [2]. Важнейшими этапами являются диагностика ситуации, определение источников опасности и разработка оперативного плана действий.

Проведение разведки позволяет оценить масштабы возгорания и его динамику. После этого формируются специальные группы, включающие как пожарных, так и спасателей, которые оснащаются необходимым оборудованием, таким как системы активного тушения, защитные костюмы и средства связи. В рамках координации действий осуществляется взаимодействие с местными органами власти, медицинскими учреждениями и волонтерами.

Таким образом, грамотная организация и строгая дисциплина при осуществлении тушения крупных пожаров способствуют снижению рисков и быстрому восстановлению пострадавших территорий.

Методология организации тушения крупномасштабных пожаров включает в себя комплексный подход, основанный на научных исследованиях, современных технологиях и опыта предыдущих операций.

Важным этапом является предварительная оценка рисков, которая позволяет определить потенциальные очаги возгорания и разработать

эффективные стратегии реагирования.

Ключевыми аспектами являются создание четкой командной структуры и распределение обязанностей между участниками ликвидации.

Успех тушения пожаров в значительной мере зависит от предварительной оценки риска, а также от эффективной координации между различными службами и организациями.

Важным элементом является также подготовка и обучение специалистов, поскольку именно от их квалификации зависит не только быстрота реагирования, но и безопасность участников операции.

Современные исследования также подчеркивают необходимость создания интегрированных информационных систем, позволяющих оперативно собирать и анализировать данные о состоянии окружающей среды, что позволяет более эффективно планировать и осуществлять меры по борьбе с огнем [8]. Одним из центральных аспектов борьбы с крупномасштабными пожарами является организация эффективной системы тушения. Прежде всего, необходимо разработать четкие стратегии, воспринимая тушение не только как реакцию на возгорание, но и как процесс подготовки и предотвращения [26].

Также используются спутниковые технологии для прогнозирования распространения огня, что позволяет принимать решения на основании актуальных данных [6].

Системы автоматизированного управления и мониторинга позволяют повысить уровень готовности служб и оперативность в принятии решений, что в свою очередь способствует снижению ущерба от пожаров [11].

Обучение и повышение квалификации сотрудников, отвечающих за пожарную безопасность, также важно для эффективного тушения [12].

Научные исследования подчеркивают необходимость использования современных тренинговых программ, учитывающих новые технологии и методы. Направления подготовки могут охватывать как физическую подготовку, так и развитие профессиональных навыков в области командной

работы и стратегического планирования [13].

Осознание гражданами опасности крупномасштабных пожаров и их последствий, а также активное участие в профилактических мероприятиях способствуют повышению уровня безопасности.

Вывод по разделу 1.

В разделе определено, что пожары представляют собой серьезную угрозу для населения, окружающей среды и экономики страны. Эффективная организация тушения крупномасштабных пожаров требует четкой нормативно-правовой базы, которая регламентирует действия всех заинтересованных сторон – от государственных органов до частных компаний и граждан. Одной из ключевых составляющих успешной организации тушения крупных пожаров является создание межведомственного взаимодействия. Оно подразумевает интеграцию ресурсов и сил различных служб: пожарной охраны, полиции, медицинских учреждений, а также местных властей.

При определении крупномасштабных пожаров важно учитывать не только физическую площадь, охваченную огнем, но и его интенсивность, продолжительность, а также влияние на экосистемы и населенные пункты. В этом контексте пожары могут классифицироваться на низкоинтенсивные, среднеинтенсивные и высокоинтенсивные, в зависимости от скорости распространения, температуры и высвобождаемой энергии. Для борьбы с такими явлениями необходимо внедрять комплексные меры, которые включают как профилактику, так и оперативные действия по тушению, адаптацию лесной политики и образования населения. Общественные программы по повышению осведомленности о рисках и влияние изменения климата играют ключевую роль в уменьшении уязвимости к крупномасштабным пожарам.

Одним из ключевых аспектов успешного реагирования на крупномасштабные пожары является разработка сценариев их распространения. Эти сценарии помогают службам экстренного

реагирования оценить возможные пути огня, основываясь на данных о прошлых инцидентах и текущих условиях. Системы геоинформационного моделирования (ГИС) становятся незаменимым инструментом для визуализации и анализа данных, позволяя оперативно обновлять информацию о динамике пожара и его воздействии на экосистемы.

Для успешной борьбы с крупномасштабными пожарами требуется решение комплекса организационных, технических и тактических проблем. Сложность борьбы определяется не только размерами пожара, но и тем, что он возникает в периоды длительных засух, почти при полном отсутствии естественных преград.

Потребность в ресурсах при чрезвычайной горимости возрастает на 1-2 порядка по сравнению с обычными условиями. Поэтому необходимо дальнейшее совершенствование организации и тактики тушения крупномасштабных пожаров, разработка методов оперативного планирования борьбы с ними.

2 Исследование особенностей планирования и организации тушения крупномасштабных пожаров

2.1 Анализ основных проблем планирования тушения крупномасштабных пожаров

В соответствии с Федеральным Законом от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «О пожарной безопасности» (с изм. и доп., вступ. в силу с 26.11.2024), статьей 22, тушение пожаров представляет собой действия, направленные на спасение людей, имущества и ликвидацию пожаров [20].

При тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ силами подразделений пожарной охраны, привлеченными силами и средствами единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций проводятся необходимые действия для обеспечения безопасности людей, спасения имущества, в том числе:

- проникновение в места распространения (возможного распространения) опасных факторов пожаров, а также опасных проявлений аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций;
- создание условий, препятствующих развитию пожаров, а также аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций и обеспечивающих их ликвидацию;
- использование при необходимости дополнительно имеющихся в наличии у собственника средств связи, транспорта, оборудования, средств пожаротушения и огнетушащих веществ с последующим урегулированием вопросов, связанных с их использованием, в установленном порядке;
- ограничение или запрещение доступа к местам пожаров, а также зонам аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций, ограничение или запрещение движения транспорта и пешеходов на прилегающих к ним территориях;

- охрана мест тушения пожаров, а также зон аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций (в том числе на время расследования обстоятельств и причин их возникновения);
- эвакуация с мест пожаров, аварий, катастроф и иных чрезвычайных ситуаций людей и имущества, оказание первой помощи;
- приостановление деятельности организаций, оказавшихся в зонах воздействия опасных факторов пожаров, опасных проявлений аварий, если существует угроза причинения вреда жизни и здоровью работников данных организаций и иных граждан, находящихся на их территориях.

Непосредственное руководство тушением пожара осуществляется руководителем тушения пожара – прибывшим на пожар старшим оперативным должностным лицом пожарной охраны (если не установлено иное), которое управляет на принципах единоначалия личным составом пожарной охраны, участвующим в тушении пожара, а также привлеченными к тушению пожара силами [17].

Руководитель тушения пожара отвечает за выполнение задачи, за безопасность личного состава пожарной охраны, участвующего в тушении пожара, и привлеченных к тушению пожара сил.

Руководитель тушения пожара определяет зону пожара, устанавливает границы территории, на которой осуществляются действия по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ, порядок и особенности осуществления указанных действий, принимает решение о спасении людей и имущества, привлечении при необходимости к тушению пожара дополнительных сил и средств, в том числе единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, устанавливает порядок управления действиями подразделений пожарной охраны на месте пожара и привлеченных к тушению пожара сил, производит расстановку прибывающих сил и средств на месте пожара, организует связь в зоне пожара с участниками тушения пожара и привлеченными к тушению пожара

и проведению аварийно-спасательных работ силами, принимает меры по сохранению вещественных доказательств, имущества и вещной обстановки на месте пожара для последующего установления причины пожара. При необходимости руководитель тушения пожара принимает иные решения, в том числе ограничивающие права должностных лиц и граждан на указанной территории.

«Традиционно на пожарах обстановка контролируется визуально (возможно с использованием тепловизоров) участниками тушения пожара и далее информация о ней непосредственно или по радиосвязи передаётся РТП. При незначительном масштабе пожара это вполне эффективный и надёжный способ организации обмена информацией. Недостатки данного способа связаны с возможными задержками прохождения сообщений от источника к РТП, низкой степенью структуризации информации, влиянием субъективных ощущений наблюдателя, наличием «слепых зон», не просматриваемых обычными средствами в силу различных обстоятельств, техническими сбоями радиосвязи. С увеличением масштабов пожара и количества привлечённых сил, уровень влияния перечисленных недостатков возрастает по экспоненте» [26].

Тушение крупномасштабных пожаров – это комплексный процесс, включающий в себя не только применение современных технологий и методов, но и глубокое понимание природы самого огня. Пожары, охватывающие обширные территории, могут выходить из-под контроля за считанные минуты, обостряя необходимость оперативного реагирования и координации усилий различных служб [27].

«Для снижения влияния недостатков в процессе обмена информацией в крупных гарнизонах, например, в г. Москве, при тушении пожаров пожарно-спасательными подразделениями используется несколько специально выделенных радиочастот» [26].

Одной из основных проблем является необходимость принятия быстрых и правильных решений в условиях кризиса. В случае

крупномасштабных пожаров, каждая минута имеет значение, и любая ошибка или задержка может привести к серьезным последствиям. Поэтому, специалисты, занимающиеся планированием тушения крупномасштабных пожаров, должны быть готовы к различным вариантам развития обстановки на месте пожара [28].

«Для обеспечения необходимой точности подачи огнетушащих веществ и минимизации излишних проливов применяется метод тушения пожаров с использованием технологий термовизуального мониторинга (ТВМ). Суть метода ТВМ заключается в том, что обстановка в районе проведения действий по тушению пожара и особенно в зоне горения постоянно контролируется специальными техническими средствами в видимом и инфракрасном диапазонах. Всю первичную информацию о развитии обстановки в зоне горения получает РТП с помощью непосредственного наблюдения, а также от других участников тушения пожара и технических средств наблюдения и контроля. Данный способ получения информации используется в настоящее время на всех без исключения пожарах» [26].

«При использовании системы ТВМ в первый уровень схемы обмена информацией дополнительно включается комплекс технических устройств, которые можно условно назвать глобальная навигационная система (ГНС). В данном случае ГНС представляет собой информационную систему, совмещающую в себе все средства технического контроля за обстановкой на пожаре, объединённые в единую информационную сеть. Задача ГНС состоит в обработке поступающей информации и дополнении её сведениями о положении на местности контролируемых объектов (техника, люди, положение и размеры зоны горения)» [26].

Основные проблемы, связанные с планированием тушения таких пожаров, можно разделить на несколько категорий:

- неточность прогнозирования. Предсказание поведения крупномасштабного пожара с высокой точностью является

чрезвычайно сложной задачей. Факторы, такие как сила ветра, влажность, рельеф местности и тип растительности, могут существенно влиять на распространение огня, делая прогнозы непредсказуемыми;

- недостаток ресурсов. Еще одной значимой проблемой является нехватка ресурсов – как человеческих, так и материально-технических. Пожарные подразделения зачастую сталкиваются с недостатком техники и оборудования, что усложняет процессы быстрого реагирования. Необходимо не только увеличить финансирование, но и оптимизировать распределение ресурсов по регионам, особенно в тех, где существует высокий риск возникновения крупных пожаров [31].

«На незначительных по размерам пожарах РТП может единолично руководить всеми действиями на месте тушения. В случаях, когда пожар развивается до значительных масштабов и для его ликвидации необходимо привлечение большого количества сил и средств противопожарной службы, РТП создаёт дополнительные нештатные структуры управления для обеспечения необходимого уровня управления подразделениями. Предполагается, что ГНС будут применяться только на крупномасштабных пожарах на производственных объектах, поэтому в структуре управления на пожаре в обязательном порядке будут присутствовать штаб пожаротушения» [26].

Таким образом, планирование тушения крупномасштабных пожаров представляет собой сложную задачу, требующую учета множества факторов.

2.2 Организация тушения крупномасштабных пожаров

В соответствии с «Методическими рекомендациями по созданию, оснащению и порядку применения аэромобильных групп территориальных органов МЧС России» (утв. МЧС России 30.05.2014), основные задачи

аэромобильных группировок при тушении природных и крупномасштабных пожаров [17]:

- «ведение разведки места пожара;
- спасение людей и имущества;
- тушение возгораний;
- защита населенных пунктов подверженных угрозе лесных пожаров;
- проведение АСДНР по ликвидации последствий ЧС;
- прикрытие критически важных и потенциально опасных объектов;
- мониторинг выгоревших площадей» [17].

«Основные задачи аэромобильных группировок при тушении техногенных пожаров:

- ведение разведки места пожара;
- спасение людей, имущества, тушение пожаров;
- оперативное сосредоточение сил и средств в районах ЧС;
- проведение АСДНР по ликвидации последствий ЧС;
- прикрытие критически важных и потенциально опасных объектов;
- проведение первоочередных мероприятий по защите населения и территорий в зоне ЧС» [17].

Одной из основных задач аэромобильной группировки территориального органа МЧС России и пожарных подразделений в чрезвычайных ситуациях является тушение крупномасштабных пожаров.

В зоне чрезвычайной ситуации формированиям аэромобильной группировке территориального органа МЧС России назначаются зоны ответственности, указываются очаги пожаров, к тушению которых необходимо приступить в кратчайшие сроки, направления сосредоточения основных усилий, вопросы взаимодействия с формированиями лесничеств и противопожарной службы.

«Руководитель аэромобильной группировки территориального органа МЧС России получив задачу на тушение пожаров в зоне ответственности, организует разведку и выдвижение формирований на свои участки к очагам

пожаров. С получением данных разведки он оценивает пожарную обстановку, принимает решение и ставит задачи формированиям» [17].

«После постановки задач руководитель и штаб принимают меры по обеспечению наиболее быстрой локализации участков пожаров, используя все имеющиеся силы и средства» [17].

«При тушении лесных пожаров обычно применяются следующие основные тактические приемы:

- тушение кромки пожара по всему периметру (при наличии достаточного количества сил и средств);
- тушение пожара с фронта двумя группами подразделений с последующим продвижением к флангам (при недостатке сил);
- тушение кромки пожара двумя группами подразделений охватом с тыла и продвижением к флангам (при недостатке сил и средств и пожаре слабой интенсивности)» [7].

«При выполнении задач по тушению лесных пожаров формирования АМГ на своих участках могут действовать самостоятельно, выбирая наиболее целесообразные тактические приемы и способы» [29]. «Работы начинаются с оборудования заградительных полос перед фронтом пожара с последующей локализацией очага пожара по всему периметру, а при наличии достаточного количества сил и средств – и с одновременным тушением кромки пожара. Пожарные подразделения и подразделения радиационной, химической и биологической защиты используются для подачи воды к очагу пожара, тушения загораний леса за рубежами локализации» [17].

«Для тушения торфяных пожаров целесообразно использовать инженерно-технические и пожарные подразделения. Они локализуют торфяные пожары путем окапывания их заградительными канавами глубиной до минерального грунта или грунтовых вод. Тушение проводится пожарными машинами, поливочными машинами и авторазливочными станциями путем заливки мест горения водой или заболачиванием всего участка пожара. При тушении горящих штабелей торфа применяются подача

воды из стволов-распылителей и заливка мест горения водой со смачивателями» [30].

«Захлестывание кромки пожара применяется для тушения слабых и средней силы беглых и низовых лесных пожаров. Для тушения пожара используются пучки ветвей длиной 1-2 м или метлы из расплетенных отрезков металлического троса. Отделение (3-5 человек) за 1 час может погасить захлестыванием кромку пожара протяженностью до 1200 м» [17].

«Тушение пожара разделяется на следующие последовательно осуществляемые операции (работы): локализация пожара; дотушивание очагов горения, оставшихся внутри пожара; окарауливание пожарища» [17].

В соответствии с Приказом МЧС России от 16.09.2024 № 777 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ», тушение пожаров и проведение АСР осуществляются в соответствии с положениями настоящего Боевого устава при условии соблюдения требований охраны труда, установленных Правилами по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы и иными нормативными правовыми актами в области охраны труда [22].

Тушение пожаров представляет собой действия, направленные на спасение людей, имущества и ликвидацию пожаров. Тушение пожаров осуществляется в соответствии с Боевым уставом с учетом специфики зданий (сооружений), в которых произошел пожар.

Первое указание прибывшего на пожар старшего оперативного должностного лица пожарной охраны считается моментом принятия им на себя руководства тушением пожара, о чем делается запись в журнале пункта связи гарнизона (подразделения пожарной охраны) и документах оперативного штаба на месте пожара (при его создании).

Принятие старшим оперативным должностным лицом пожарной охраны на себя руководства тушением пожара обязательно, если не

обеспечивается управление силами и средствами на месте пожара.

РТП при передаче руководства тушением пожара старшему оперативному должностному лицу пожарной охраны должен доложить ему об оперативно-тактической обстановке, сложившейся на месте пожара, а также о проведенных боевых действиях по тушению пожаров.

При проведении боевых действий по тушению пожара в условиях недостатка воды должны осуществляться [30]:

- принятие мер к использованию других огнетушащих веществ;
- организация подачи пожарных стволов только на решающем направлении, при этом локализация пожара на других участках обеспечивается путем разборки конструкций и создания необходимых разрывов;
- проведение дополнительной разведки водоисточников для выявления запасов воды (артезианских скважин, чанов, градирен, колодцев, стоков воды);
- организация подачи воды на тушение развившихся пожаров с помощью насосных станций, морских и речных судов, пожарных поездов, а также перекачкой насосами ПА;
- обеспечение подвоза воды автоцистернами, бензовозами, поливочными и другими автомобилями, если невозможна подача воды по магистральным рукавным линиям (отсутствие рукавов, техники, ПА, водоисточников);
- применение пожарных стволов в количестве, обеспечивающем непрерывную работу с учетом запасов и подвоза воды;
- проведение организованной заправки ПА горючим и огнетушащими веществами;
- пополнение водоемов малой емкости;
- организация забора воды с помощью пожарных гидроэлеваторов, мотопомп или других средств, если перепад высот между ПА и уровнем воды в водоеме превышает максимальную высоту

всасывания насоса или отсутствуют подъезды к водоемам;

- организация строительства временных пожарных водоемов и пирсов при тушении крупных, сложных и продолжительных пожаров;
- подача пожарных стволов с насадками малого диаметра, использование перекрывных стволов-распылителей, применение смачивателей и пены, обеспечение экономного расходования воды;
- принятие мер по повышению давления в водопроводе, а при недостаточном давлении – забор воды из колодца пожарного гидранта через жесткие всасывающие пожарные рукава;
- организация работы по предотвращению распространения горения путем разборки конструкций, удаления горящих предметов и отдельных конструкций здания (сноса зданий и сооружений), а также ликвидации горения подручными средствами и материалами.

При проведении боевых действий по тушению пожара в условиях температур воздуха минус 10°С и ниже должны осуществляться:

- применение на открытых пожарах и при достаточном количестве воды пожарных стволов с большим расходом, ограничение использования перекрывных стволов и стволов-распылителей;
- принятие мер по предотвращению образования наледей на путях эвакуации людей и движения личного состава;
- прокладка линий из прорезиненных и латексных рукавов больших диаметров, установка рукавных разветвлений по возможности внутри зданий, а при наружной установке - утепление;
- защита соединительных головок рукавных линий подручными средствами, в том числе снегом;
- подача воды сначала в свободный патрубков из насоса ПА и затем, при условии устойчивой работы насоса ПА, – в рукавную линию (при заборе воды из водоемов или пожарных гидрантов);
- прокладка сухих резервных рукавных линий;

- подогрев воды в насосе ПА в случае уменьшения ее расхода, увеличивая число оборотов двигателя;
- исключение случаев перекрытия пожарных стволов и рукавных разветвлений, выключения насосов ПА;
- проведение замены (уборки) пожарных рукавов и наращивание линий со стороны ствола без прекращения подачи воды с постепенным уменьшением напора;
- определение мест заправки ПА горячей водой;
- проведение мероприятий по отогреву замерзших соединительных головок, рукавов в местах перегибов и соединений горячей водой, паром или нагретыми газами (в отдельных случаях допускается отогрев замерзших соединительных головок, разветвлений и стволов паяльными лампами и факелами);
- подготовка мест для обогрева участников боевых действий по тушению пожаров и спасаемых с созданием резерва боевой одежды для личного состава;
- исключение случаев крепления на пожарных лестницах и вблизи от них рукавных линий, обливания лестниц водой;
- исключение случаев излишнего пролива воды по лестничным клеткам.

При проведении боевых действий по тушению пожара в условиях сильного ветра должны предусматриваться:

- тушение мощными струями;
- создание резерва сил и средств для тушения новых очагов пожара;
- организация наблюдения за состоянием и защиты организаций, расположенных с подветренной стороны, путем выставления постов и направления дозоров, обеспеченных необходимыми средствами;
- создание при угрозе распространения горения на основных путях распространения противопожарных разрывов вплоть до разборки

отдельных сгораемых строений и сооружений;

- возможность маневра (передислокации, отступления) силами и средствами в случае внезапного изменения обстановки, при изменении направления ветра.

Пожар считается локализованным, если одновременно выполнены следующие условия:

- отсутствует или предотвращена угроза людям и (или) животным;
- предотвращена возможность дальнейшего распространения горения;
- созданы условия для ликвидации пожара имеющимися силами и средствами.

При проведении АСР, связанных с тушением пожара, и других специальных работ осуществляются боевые действия по тушению пожаров, направленные на обеспечение необходимых условий для успешного выполнения основной задачи с использованием специальных технических средств, способов и приемов. В случае, когда руководство тушением пожара передается старшему по должности должностному лицу, оперативный дежурный должен доложить ему информацию об обстановке на пожаре и поступить в его распоряжение. В случае, если руководство тушением пожара осуществляется лицом, старшим по должности, командир отделения должен доложить ему о прибытии и поступить в его распоряжение.

Приказ МЧС России от 16.09.2024 № 777 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» распространяется на органы управления, органы государственного пожарного надзора, подразделения, организации независимо от их ведомственной принадлежности, организационно-правовых форм, к функциям которых отнесены профилактика и тушение пожаров, а также проведение АСР, объединенные в территориальные (местные) пожарно-спасательные гарнизоны.

Высокие температуры, токсичные выбросы и риск обрушения зданий представляют серьезную угрозу для их безопасности.

Для преодоления данных проблем необходимо:

- развитие и внедрение передовых технологий прогнозирования пожаров, основанных на моделировании и анализе больших данных;
- создание резервных фондов материальных и человеческих ресурсов, способных быстро мобилизоваться в случае крупномасштабного пожара;
- усовершенствование систем координации и коммуникации между различными участниками тушения;
- внедрение современных методов подготовки и обучения пожарных, направленных на повышение их безопасности и эффективности;
- активное привлечение общественности к вопросам профилактики пожаров, а также развитие системы раннего предупреждения о возникновении опасности.

Только комплексный подход, основанный на научных данных, международном сотрудничестве и активной роли общества, позволит эффективно бороться с крупномасштабными пожарами и минимизировать их разрушительные последствия.

Тушение крупных пожаров представляет собой сложную и многогранную задачу, требующую слаженной работы различных служб и применение специализированного оборудования.

Этапы организации тушения:

- а) оповещение и вызов экстренных служб. Своевременное оповещение пожарной охраны является критически важным фактором успешного тушения. Для этого необходимо использовать все доступные средства связи: телефоны, системы оповещения, сигнализацию;
- б) определение масштабов пожара и выдвижение сил и средств. По

прибытии на место происшествия, пожарная бригада проводит оценку ситуации, определяет тип пожара, его масштаб и опасность [18]. На основании полученной информации принимается решение о вызове дополнительных сил и средств, в том числе:

- 1) специализированной техники, такой как автолестницы, пожарные автомобили, модули пенообразования, машины водоснабжения,
 - 2) дополнительных пожарных бригад для создания резерва и обеспечения смены личного состава,
 - 3) служб жизнеобеспечения скорой помощи, полиции, МЧС;
- в) локализация и ликвидация пожара. В зависимости от типа и масштаба пожара применяются различные тактические приёмы:
- 1) прямое тушение,
 - 2) ограничение распространения,
 - 3) вентиляция;
- г) по окончании тушения проводятся работы по:
- 1) охране места пожара для предотвращения повторного возгорания,
 - 2) ликвидации последствий пожара: разбор завалов, очистка территории от мусора и опасных веществ,
 - 3) расследованию причин пожара для выявления нарушений и предупреждения подобных событий в будущем.

Ключевые факторы успешного тушения:

- быстрое реагирование;
- координация действий;
- доступ к воде и ресурсам;
- профессионализм и подготовка личного состава.

Организация тушения крупномасштабных пожаров – это сложный и ответственный процесс, требующий высокой квалификации и координации действий. Для эффективного тушения пожаров необходимо иметь четкий

план действий, обученный и подготовленный персонал, а также современное оборудование и технику. Главной целью при тушении крупных пожаров является минимизация ущерба для людей, животных, растительности и имущества. Для достижения этой цели необходима быстрая реакция, оперативность и согласованная работа всех служб и организаций, участвующих в ликвидации чрезвычайной ситуации.

Особенности при тушении организации и планировании крупномасштабных пожаров включают в себя необходимость координации действий между различными службами и специалистами, использование специализированной техники и оборудования, а также разработку детальных планов действий на случаи чрезвычайных ситуаций.

Важно также учитывать особенности конкретного объекта и его окружения, а также проводить регулярные тренировки и учения с целью подготовки персонала к экстремальным ситуациям. Кроме этого, необходимо учитывать особенности пожаров различного типа и применять соответствующие методы тушения в каждом конкретном случае.

Для изучения особенностей планирования и разработки модели по организации тушения крупномасштабных пожаров используется комплексный подход, включающий в себя анализ статистических данных о пожарах различной сложности и масштаба, изучение существующих планов и стратегий пожаротушения, а также моделирование возможных сценариев тушения пожаров. Для того, чтобы процесс тушения был максимально слаженным, необходимо регулярно пересматривать оперативные планы в зависимости от изменений в климате и характере местной флоры и фауны.

Кроме того, развитие новых технологий и использование дронов для мониторинга пожаров открывают дополнительные возможности для повышения эффективности тушения. Современные инструменты могут предоставить информацию в реальном времени и помочь в оценке масштабов пожара, а также определить наиболее уязвимые участки местности.

Таким образом, комплексный подход к организации тушения крупных

пожаров включает в себя как традиционные методы, так и современные технологии, способствующие улучшению ситуации в экстренных условиях.

«Применение технологий термовизуального мониторинга позволяет существенно увеличить эффективность орошения зоны горения огнетушащими веществами, повысить уровень управления пожарно-спасательными подразделениями в районе проведения действий по тушению пожара, что особенно актуально при использовании на пожаре ГНС. Это также позволяет сократить интервалы времени от получения информации до принятия управленческого решения на тушение пожара и выполнения необходимых действий робототехническими средствами и другими участниками тушения пожара» [26].

Организация тушения крупномасштабных пожаров требует комплексного подхода, поскольку такие инциденты могут угрожать не только материальным ценностям, но и жизни людей. Первым шагом в этом процессе является создание чёткой и эффективной системы реагирования. Важно, чтобы все службы, участвующие в борьбе с пожарами, были хорошо скоординированы. Данные службы могут включать в себя пожарные, спасательные службы, правоохранительные органы, а также местное население, которое должно быть информировано о действиях и возможных эвакуациях.

Аспекты эффективности борьбы с крупномасштабными пожарами:

- важность разработки различных планов: привлечения сил и средств, применения опорных пунктов и тушения пожаров;
- роль оперативного штаба в управлении процессом тушения;
- необходимость учёта ключевых факторов, влияющих на эффективность тушения: рельефа местности, типа растительности, состояния почвы и погодных условий;
- важность подготовки и навыков личного состава, а также понимания проблем и вызовов, с которыми сталкиваются специалисты в области пожаротушения;

- важность интегрированного подхода, который может включать использование новых технологий и современных инструментов для мониторинга и прогнозирования;
- важность наличия заранее подготовленных планов действий для пожарных подразделений, которые включают подробные инструкции по тушению и прогнозированию возможной обстановки.

Эффективная организация тушения начинается с предварительного планирования. Важно проводить регулярные учения и тренировки, а также разрабатывать планы действий в случае возникновения пожара. Специальные карты, показывающие потенциально опасные зоны и пути эвакуации, должны быть доступны всем участникам. Кроме того, необходимо наладить связь между различными уровнями власти – от местных до региональных, чтобы обеспечить своевременную поддержку в случаях, когда ситуация выходит из-под контроля. Одним из ключевых моментов является использование современных технологий.

Вывод по разделу 2.

В разделе определено, что тушение крупномасштабных пожаров – это комплексный процесс, включающий в себя не только применение современных технологий и методов, но и глубокое понимание природы самого огня. Пожары, охватывающие обширные территории, могут выходить из-под контроля за считанные минуты, обостряя необходимость оперативного реагирования и координации усилий различных служб.

Основные этапы тушения включают в себя оценку ситуации: определение масштаба пожара, его распространения и воздействия на окружающую среду. Важнейшую роль играют наземные и воздушные силы: пожарные, техника и вертолеты, которые помогают создать барьеры и использовать специальные составы для замедления распространения огня.

Кроме того, важным аспектом является координация действий различных служб и организаций, участвующих в тушении пожара. В случае

крупномасштабных пожаров, часто требуется совместное участие пожарных, спасателей, военных и других служб, что может привести к проблемам с координацией и согласованием действий. Поэтому, специалисты, занимающиеся планированием тушения крупномасштабных пожаров, должны быть готовы к различным вариантам развития обстановки на месте пожара. Также проблемой является недостаток предварительных данных о состоянии лесных массивов, их флоре и фауне. Особенности при тушении организации и планировании крупномасштабных пожаров включают в себя необходимость координации действий между различными службами и специалистами, использование специализированной техники и оборудования, а также разработку детальных планов действий на случаи чрезвычайных ситуаций. Важно также учитывать особенности конкретного объекта и его окружения, а также проводить регулярные тренировки и учения с целью подготовки персонала к экстремальным ситуациям. Кроме этого, необходимо учитывать особенности пожаров различного типа и применять соответствующие методы тушения в каждом конкретном случае.

Высокие температуры, токсичные выбросы и риск обрушения зданий представляют серьезную угрозу для их безопасности. Только комплексный подход, основанный на научных данных, международном сотрудничестве и активной роли общества, позволит эффективно бороться с крупномасштабными пожарами и минимизировать их разрушительные последствия.

3 Разработка модели по организации тушения крупномасштабных пожаров

3.1 Разработка модели и предложения по ее внедрению

Разработка модели по организации тушения крупномасштабных пожаров является одной из ключевых задач в области пожарной безопасности.

Эта модель включает в себя анализ основных причин возникновения пожаров, разработку эффективных стратегий тушения, определение необходимого оборудования и ресурсов, а также планирование координации действий спасателей и пожарных.

Основной целью данной модели является создание интегрированной системы, которая объединяет ресурсы, технологии и специалистов для оперативного реагирования на пожары.

Первым шагом в разработке данного подхода является анализ существующих практик тушения пожаров, а также выявление слабых мест в текущих системах. На основе полученных данных необходимо создать многопрофильные команды, в состав которых войдут специалисты разных направлений: пожарные, экологи, IT-эксперты и логисты.

Эффективная модель организации тушения крупномасштабных пожаров должна основываться на взаимодействии всех заинтересованных сторон, как государственных органов, так и местных сообществ и волонтеров.

Конкретные предложения по организации тушения крупномасштабных пожаров:

- создание единой системы мониторинга и оповещения:
- установка датчиков раннего предупреждения на потенциально опасных объектах;
- использование тепловых камер для поиска пострадавших и

определения наиболее горячих точек пожара;

- создание автоматических систем полива и охлаждения зданий могут предотвратить распространение огня.

Существующий план реагирования на крупномасштабные пожары можно представить в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Существующий план реагирования на крупномасштабные пожары

| Этап | Действие | Ответственные лица | Получаемая информация |
|--------------------------------------|--|---|---|
| Мониторинг пожарной опасности | Получение сигнала о пожаре | Служба мониторинга, созданная при центрах управления в кризисных ситуациях МЧС России | Сообщения о загорании (пожаре) |
| Оценка загорания | Определение масштаба пожара | Руководители тушения пожара | Данные разветки пожара |
| Определение количества сил и средств | Отправка дополнительных пожарных подразделений и аэромобильных групп на место пожара | Диспетчерская служба подразделений | Информация о параметрах пожара от руководителя тушения пожара |
| Тушение пожара | Локализация и ликвидация пожара | Пожарные отделения | Информация от участников тушения пожара |
| Мониторинг развития пожара | Получение сведений с места пожара | Служба мониторинга, созданная при штабе пожаротушения | |
| Спасение | Поиск и спасение пострадавших | Пожарные отделения и аварийно-спасательные формирования | Информация от начальников участков тушения пожара |

Модель построения организации тушения крупномасштабных пожаров:

- а) оценка угрозы и принятие решения. На данном этапе происходит сбор информации о масштабе и типе пожара, оценке потенциальных последствий и определении приоритетов действий.

Ключевые элементы:

- 1) сбор данных с помощью камер видеонаблюдения и других систем мониторинга,

- 2) оценка опасности для окружающих объектов и людей,
 - 3) принятие решения о сборе сил и средств;
- б) мобилизация необходимых сил и средств для тушения пожара. Важно оперативно доставить необходимое количество пожарных расчетов, спецтехники и вспомогательных средств;
- в) локализация и тушение пожара. На этой стадии производится непосредственная борьба с огнем. Основная цель – ограничить распространение пожара и минимизировать ущерб. Схема локализации:
- 1) первичная зона тушения,
 - 2) вторичная зона сдерживания,
 - 3) третичная зона наблюдения;
- г) эвакуация и спасение. Параллельно с тушением проводится эвакуация людей и имущества из зоны поражения;
- д) осмотр территории и завершение операции. После завершения активной фазы тушения проводится осмотр территории для выявления оставшихся очагов возгорания и предотвращения повторного воспламенения.

Пример распределения времени на разные стадии реагирования (время после получения сигнала (минуты):

- 0-5: мониторинг и оценка;
- 5-10: мобилизация и отправка;
- 10-20: приближение к месту происшествия;
- 20-40: начальная стадия тушения;
- 40-60: активная фаза тушения;
- 60+: завершающая стадия и осмотр территории.

Этот пример распределения времени на разные стадии реагирования демонстрирует, как распределены временные рамки для каждой стадии реагирования на пожар.

Таким образом, разработка модели организации тушения

крупномасштабных пожаров представляет собой следующий алгоритм:

- а) шаг 1: анализ ситуации и оценка рисков. Перед началом тушения пожара важно провести всесторонний анализ ситуации. Для этого нужно собрать следующие данные:
 - 1) тип и интенсивность пожара (лесной, промышленный, городской),
 - 2) размер площади возгорания,
 - 3) наличие людей и имущества в зоне пожара,
 - 4) доступность воды и других ресурсов для тушения,
 - 5) прогноз погоды и направление ветра;
- б) шаг 2: разработка стратегий тушения. На основе собранных данных разрабатываются различные сценарии тушения. Стратегии могут включать:
 - 1) прямое тушение (с использованием воды, пены и других огнетушащих веществ),
 - 2) косвенное тушение (создание барьеров и преград для распространения огня),
 - 3) комбинированные подходы;
- в) шаг 3: распределение ресурсов. Для эффективного тушения необходимо правильно распределить имеющиеся ресурсы:
 - 1) пожарные машины и расчеты,
 - 2) специальная техника (вертолеты, самолеты, насосы),
 - 3) огнетушащие вещества (вода, пена, порошковые составы),
 - 4) персонал (пожарные, спасатели, медики);
- г) шаг 4: планирование операций. Планирование операций должно включать:
 - 1) определение зон ответственности для разных групп пожарных,
 - 2) назначение командиров и координаторов,
 - 3) установление каналов связи и обмена информацией,
 - 4) разработка маршрутов эвакуации и спасения людей;

д) шаг 5: реализация плана. Реализация плана начинается с отправки первой волны пожарных расчетов на место происшествия. Затем следуют этапы:

- 1) оценка обстановки на месте,
- 2) начало тушения основных очагов пожара,
- 3) создание защитных полос и барьеров,
- 4) постоянный мониторинг ситуации и корректировка действий;

е) шаг 6: мониторинг и контроль. На протяжении всего процесса тушения ведется постоянный мониторинг:

- 1) наблюдение за распространением огня,
- 2) оценка состояния пожарных и техники,
- 3) контроль за выполнением планов и корректировка действий при необходимости;

ж) шаг 7: завершение операции и разбор тушения. После ликвидации пожара проводятся:

- 1) осмотр территории для выявления скрытых очагов,
- 2) подведение итогов операции,
- 3) анализ допущенных ошибок и выработка рекомендаций для будущих операций.

В качестве технических средств для проектируемой модели организации тушения крупномасштабных пожаров предлагается использование:

- беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА), стоящих в боевых расчётах пожарных подразделений;
- система наземного управления (далее – СНУ);
- мобильное приложение для должностных лиц на месте крупномасштабного пожара;
- экспертная система поддержки принятия решений.

Предлагаемый план реагирования на крупномасштабные пожары можно представить в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Предлагаемый план реагирования на крупномасштабные пожары

| Этап | Действие | Ответственные лица | Получаемая информация |
|--|--|---|--|
| Мониторинг пожарной опасности | Получение сигнала о пожаре | Служба мониторинга, созданная при центрах управления в кризисных ситуациях МЧС России | Информация от мониторинговых БПЛА |
| Оценка загорания (пожара) | Определение масштаба пожара | Руководители тушения пожара | Информация от тепловизионных и инфракрасных камер БПЛА |
| Аккумуляция информации о пожаре в системе наземного управления | Сбор и анализ информации от тепловизионных и инфракрасных камер БПЛА | Служба мониторинга, созданная при центрах управления в кризисных ситуациях МЧС России | Проанализированная экспертной системой информация, аккумулируемая в многоцепочечной блокчейн-платформе для хранения всех данных и управления |
| Определение количества сил и средств | Отправка дополнительных пожарных подразделений и аэромобильных групп на место пожара | Диспетчерская служба подразделений | Информация из системы наземного управления |
| Тушение пожара | Локализация и ликвидация пожара | Пожарные отделения | Информация из системы наземного управления |
| Мониторинг развития пожара | Получение сведений с места пожара | Служба мониторинга, созданная при штабе пожаротушения | |
| Спасение | Поиск и спасение пострадавших | Пожарные отделения и аварийно-спасательные формирования | Информация из системы наземного управления |

Системы наземного управления – это передовое аппаратно-программное решение, разработанное для получения разведывательной информации с БПЛА [10].

В предлагаемой системе получения разведывательной информации об изменениях площади горения и очагах на месте крупномасштабного пожара СНУ включает микроконтроллер Raspberry Pi (версии 3 или 4), bluetooth-

ключ NRF52840 и ключ Wi-Fi (версия LM808), которые легко интегрируются со специальным приложением на Python. Предлагается использовать следующее оборудование для СНУ:

- компьютер на базе микроконтроллера Raspberry pi-4 или pi-3;
- bluetooth-ключ nrf52840;
- аккумулятор с блоком питания;
- WiFi-ключ (версия LM808);
- модуль IoT-модема PHAT-LTE LTE-M.

Raspberry Pi может установить соединение с ключом NRF52840, используя порт USB, который часто считается наиболее надежным способом связи.

Однако предложены пользовательские, облегченные методы для обеспечения связи между Raspberry Pi и ключом NRF52840 через их контакты общего назначения ввода-вывода. Это включает в себя создание последовательных каналов связи, таких как UART или SPI, с помощью специальных кабелей и конфигураций программного обеспечения.

Кроме того, к Raspberry Pi подключен WiFi-ключ для передачи и получения *i*, что позволяет получать широкоэмитательные данные на большие расстояния.

Предложен также модуль IoT-модема PHAT-LTE LTE-M к Raspberry Pi, который служит маршрутизатором, облегчая сеансы передачи данных и позволяя отправлять и получать текстовые SMS-сообщения. Это помогает в обмене обнаруженными и сохраненными данными с внешними организациями, такими как медицинские учреждения и отделы полиции. Впоследствии данные с географической привязкой безопасно отправляются в предлагаемую базу данных и блокчейн-платформу для целей хранения.

При запуске приложение Python автоматически инициализируется в Raspberry Pi. Эта базовая система собирает пакетные данные, расшифровывает информацию из переданных пакетов и надежно сохраняет эти расшифрованные данные в выделенной базе данных. База данных и

блокчейн-платформа будут установлены на специально выделенном защищенном удаленном сервере.

Согласованная работа БПЛА и СЧУ обеспечивает полную запись данных о полете и видеопоток как с камер так и с тепловизоров. Этот накопленный и унифицированный набор данных служит ключевым справочным материалом для руководителей тушения пожара и других должностных лиц, предоставляя подробную хронику полёта беспилотных летательных аппаратов, данных об обстановке на обследуемой территории, погодные данные. Такой тщательный мониторинг помогает соблюдать правила техники безопасности и протоколы, обеспечивая более строгое соблюдение требований и оперативный надзор.

Что касается прототипов беспилотных летательных аппаратов, то полевые испытания системы СЧУ стали важным и фундаментальным шагом на пути к обеспечению их практической реализации и эффективности. Система СЧУ, использующая изображения высокого разрешения и передовые датчики для обнаружения и мониторинга очагов пожара, прошла обширные полевые испытания для оценки своей точности и надежности в различных условиях окружающей среды. Система СЧУ позволяет идентифицировать и отслеживать развитие пожара в режиме реального времени [15].

В зависимости от силы и качества вещания выбрано устройство геопозиционирования «Aerobits IDME Pro».

Устройство геопозиционирования «Aerobits IDME PRO» основано на следующих технологиях:

- технология связи Wi-Fi (поддерживаются NAN-фреймы и маяки);
- технология связи BT (поддерживаемые BLE и устаревшие фреймы);
- технология геопозиционирования GNSS (GPS, Глонасс, BeiDou, QZSS, Galileo).

Согласованная работа БПЛА и СЧУ представлена на рисунке 1.

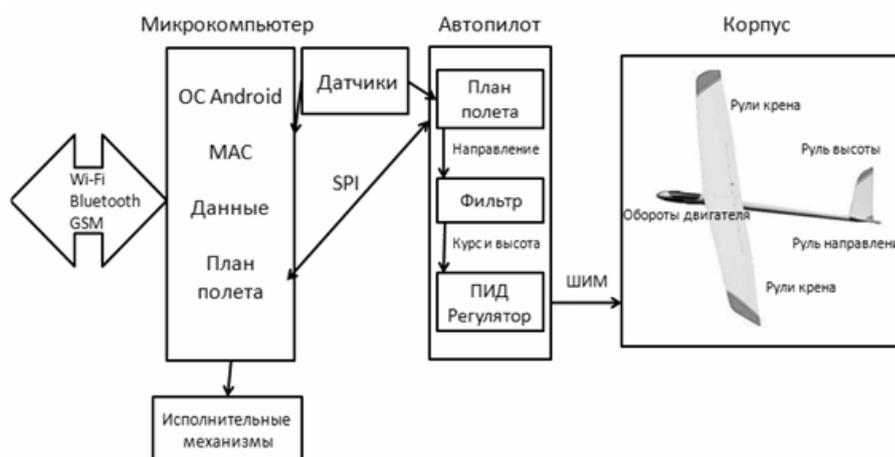


Рисунок 1 – Согласованная работа БПЛА и СЧУ

Используя технологию передачи данных BLE и Wi-Fi, предлагаемое устройство обеспечивает идентификацию дрона и возможности видеонаблюдения на основе любого современного мобильного устройства, такого как смартфон, планшет или переносной компьютер.

Соответствие нормативным требованиям: автоматическая регулировка мощности соответствует различным нормативным стандартам в разных странах, обеспечивая соответствие местным нормам мощности передачи.

Особенностью Raspberry Pi 4 является поддержка двух дисплеев 4K через два порта micro HDMI, что позволяет пользователям подключать и использовать два монитора одновременно. Это упрощает просмотр видеoinформации в высоком разрешении или создание продуктивных рабочих пространств. Кроме того, обновленный порт Gigabit Ethernet обеспечивает более быстрое подключение к проводной сети, в то время как два порта USB 3.0 обеспечивают улучшенную скорость передачи данных по сравнению с его предшественниками. В отличие от предыдущих моделей, в которых использовался разъем питания micro USB, Raspberry Pi 4 оснащен разъемом питания USB-C. Такая конструкция повышает надежность подачи питания и расширяет совместимость с различными источниками питания. Сохраняя 40 контактов GPIO, Raspberry Pi 4 предлагает широкие

возможности подключения, позволяя взаимодействовать с датчиками, исполнительными механизмами и другими аппаратными компонентами для различных задач при организации тушения пожара.

Улучшенная тепловая конструкция Raspberry Pi 4, включая металлический теплораспределитель, эффективно отводит тепло, предотвращая перегрев при длительном использовании и обеспечивая стабильную производительность. Кроме того, большое и активное сообщество пользователей предоставляет обширные ресурсы, учебные пособия и поддержку, что упрощает разработку проекта и устранение неполадок. Для системы позиционирования и видеофиксации БПЛА предлагается использовать LiPo (литий-полимерный) аккумулятор. Этого аккумулятора емкостью 4000-5000 мАч должно хватить примерно на 120 минут полета.

Что касается предлагаемой системы СНУ, то независимо от того, использует ли она литий-полимерный или прямое электропитание, она остается неподвижной на земле. Эта система не полагается на ограниченную мощность аккумулятора во время работы, поскольку она подключена к стабильному источнику электропитания. С другой стороны, мы также можем использовать LiPo-аккумулятор емкостью 4000 мАч для системы СНУ, который станет еще одним источником питания небольшой емкости.

Разработка многоцепочечной блокчейн-платформы для хранения всех данных и управления блокчейн-моделью является одной из важных частей предлагаемой системы разведки и управления. Это включает в себя проектирование структуры, хранение и извлечение данных на блокчейне.

По сути, предлагается разработать мобильное приложение, которое устанавливает соединение с СНУ мультисетью. Приложение выполняет поиск дрона по его дальности действия и собирают все данные о географической привязке, такие как широта, долгота, высота и другие данные, отправляемые внутри многоцепочечных активов блокчейна узла.

Экспертные системы – это системы искусственного интеллекта ИИ,

которые предназначены для управления возможностями человека-эксперта в определенной области [14]. Экспертные системы могут использоваться для определения соответствующих решений в контексте организации тушения крупного пожара, предоставления информации о том, как эти решения могут быть реализованы и обеспечивать соблюдение их выполнения, и предложения способов оптимизации соблюдения. Это может быть особенно полезно в сложных и динамичных средах, где идентификация и интерпретация команд может быть сложной задачей.

Основные функциональные возможности приложения экспертной системы включают получение знаний, представление знаний, вывод и объяснение. Приобретение знаний включает в себя сбор релевантной информации от экспертов предметной области, которая затем организуется и представляется таким образом, чтобы она могла быть обработана системой.

Представление знаний предполагает перевод этой информации в структурированный формат, который может быть легко использован системой для принятия решений. Логический вывод предполагает применение полученных знаний к конкретным проблемам для получения заключения или рекомендации, в то время как объяснение предполагает предоставление пользователям четкого и понятного объяснения причин, стоящих за рекомендациями.

Реализация различных функций в предлагаемой системе наземного управления, экспертной системе, а также в приложении предполагает интеграцию аппаратных и программных компонентов для обеспечения выполнения конкретных операций по тушения пожара. В дополнение к взаимодействию между приложением-сканером дрона и устройством СНУ используется комбинация аппаратных и программных компонентов, которые работают вместе, обеспечивая передачу и обработку отсканированных данных.

Сводная таблица сравнения методов управления силами и средствами для ликвидации крупномасштабных пожаров (существующий план

реагирования и проектный) представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Сводная таблица сравнения методов управления силами и средствами для ликвидации крупномасштабных пожаров

| Этап | Действие | Получение информации в существующей системе управления | Получение информации в проектной системе управления |
|--------------------------------------|--|---|--|
| Мониторинг пожарной опасности | Получение сигнала о пожаре | Сообщения о загорании (пожаре) | Информация от мониторинговых БПЛА |
| Оценка загорания (пожара) | Определение масштаба пожара | Данные разведки пожара | Информация от тепловизионных и инфракрасных камер БПЛА |
| Определение количества сил и средств | Отправка дополнительных пожарных подразделений и аэромобильных групп | Информация о параметрах пожара от руководителя тушения пожара | Проанализированная экспертной системой информация, аккумулируемая в многоцепочечной блокчейн-платформе |
| Тушение пожара | Локализация и ликвидация пожара | Информация от участников тушения пожара | Информация из системы наземного управления |
| Мониторинг развития пожара | Получение сведений с места пожара | | |
| Спасение | Поиск и спасение пострадавших | Информация от начальников участков тушения пожара | Информация из системы наземного управления |

Успешное взаимодействие требует эффективной интеграции компонентов, а также тщательного учета данных.

3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Обеспечение техносферной безопасности при разработке модели организации тушения крупномасштабных пожаров требует комплексного анализа рисков и уже существующих мероприятий. Важно учитывать не только технические аспекты, но и социальные, экономические и

экологические факторы. При этом анализ должен включать изучение воздействия пожаров на инфраструктуру, экосистемы и здоровье населения.

Ключевые показатели эффективности (КПЭ) мероприятий по обеспечению техносферной безопасности при разработке модели организации тушения крупномасштабных пожаров играют критическую роль в оценке продуктивности и устойчивости целевых решений.

В первую очередь, необходимо учитывать временные параметры реагирования, которые позволяют определить скорость, с которой службы экстренного реагирования могут мобилизоваться и приступить к тушению. Это влияет не только на непосредственно сам процесс, но и на минимизацию возможных убытков и защиту жизни населения.

Кроме того, важным КПЭ является уровень координации между различными службами – пожарными, медицинскими, а также местными властями. Эффективность взаимодействия определяет ясность и скорость принятия решений при возникновении чрезвычайных ситуаций. Это подразумевает наличие четких протоколов, регулярное проведение учений и симуляций, что позволяет повысить уровень готовности.

Также стоит учесть ресурсное обеспечение мероприятий: наличие необходимой техники, оборудования и материалов. Количество и качество ресурсов напрямую отражается на результате, поэтому следует проводить регулярные аудиты и обновления техник. Важно также учитывать анализ данных по ранее возникшим пожарам, что позволит прогнозировать потенциальные угрозы и соответствующим образом адаптировать модель.

Оценка эффективности мероприятий предполагает внедрение системы мониторинга и обратной связи. Это позволит не только отслеживать исполнение запланированных действий, но и оперативно корректировать стратегию в зависимости от изменяющихся условий. Ключевыми показателями могут стать скорость реагирования, эффективность задействованных ресурсов и уровень снижения ущерба.

Оценка технико-экономической эффективности внедрения

мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в процессе разработки модели организации тушения крупномасштабных пожаров требует комплексного подхода.

Прежде всего, необходимо учитывать разнообразные факторы, влияющие на эффективность принимаемых решений, начиная от материалов и технологий до человеческих ресурсов и организационных структур. Методы оценки должны содержать анализ, позволяющий оптимизировать расходы и повысить эффективность мероприятий.

Оценка эффективности проводится на основе сравнения запланированных и фактических результатов, а также анализа отклонений. Важными показателями эффективности являются снижение вероятности и последствий аварий, уменьшение ущерба для окружающей среды и здоровья людей, а также эффективность использования ресурсов.

Ключевыми направлениями разработки мероприятий по повышению эффективности исследования особенностей планирования и разработки модели по организации тушения крупномасштабных пожаров являются: анализ современных технологий и методик тушения, изучение опыта тушения различными пожарными подразделениями, разработка индивидуальных стратегий и тактик для каждого конкретного случая, а также усовершенствование современного оборудования и техники. Постоянное внедрение инноваций, проведение тренировок и обучение специалистов также играют важную роль в повышении эффективности борьбы с крупномасштабными пожарами.

Возможными мероприятиями по повышению эффективности исследования особенностей планирования и разработки модели по организации тушения крупномасштабных пожаров могут являться следующие:

- а) анализ международного опыта в области планирования и тушения пожаров;
- б) создание модели планирования и тушения пожаров:

- 1) разработка математической модели для прогнозирования поведения пожара,
 - 2) определение параметров модели, а именно: время обнаружения пожара, время прибытия пожарных, количество пожарных, количество пожарных машин,
 - 3) оптимизация модели для достижения оптимального результата в плане тушения пожара;
- в) разработка алгоритма планирования и тушения пожаров:
- 1) создание алгоритма планирования для определения оптимальной стратегии тушения пожара,
 - 2) определение критериев оценки эффективности алгоритма,
 - 3) оценка алгоритма на основе анализа результатов прогнозирования.

Основным инструментом для повышения социальной эффективности является создание информационно-образовательных программ, направленных на обучение население основам пожарной безопасности. Проводимые семинары, тренировки и мастер-классы помогают не только повысить уровень осведомленности, но и формируют практические навыки, которые могут оказаться жизненно важными в экстренных ситуациях. Важно, чтобы такие программы были доступны для всех слоев населения, включая детей, пожилых людей и людей с ограниченными возможностями.

Важнейшим аспектом является также налаживание сотрудничества между государственными структурами и неправительственными организациями. Это партнерство может являться основой для создания комплексных инициатив, включающих в себя не только мероприятие по тушению пожаров, но и программы по экологии, охране окружающей среды и восстановлению природных ресурсов после катастроф.

Наконец, необходимо учитывать психологические аспекты, связанные с пожарной безопасностью.

Обучающие программы должны также включать элементы

психологической подготовки, помогающей людям справляться с эмоциями страха и растерянности в чрезвычайных ситуациях. Это поможет формировать более устойчивое общество, готовое к эффективному реагированию на различные угрозы.

Таким образом, анализ и оценка эффективности мероприятий по организации и планированию тушения крупномасштабных пожаров требует комплексного подхода, включающего в себя как оценку существующих методов, так и разработку новых технологий.

В современных условиях, когда частота и интенсивность лесных и техногенных пожаров растут, актуальность таких исследований становится все более очевидной.

Специфика борьбы с огнем требует от специалистов глубокого понимания не только методов тушения, но и стратегического планирования ресурсов. Внедрение таких мероприятий увеличивает эффективность тушения крупномасштабных пожаров.

План финансового обеспечения эффективности мероприятий в области организации крупномасштабных пожаров представлен в таблице 4.

Таблица 4 – План финансового обеспечения эффективности мероприятий в области организации крупномасштабных пожаров

| Мероприятие | Описание | Смета расходов (руб.) | Источники финансирования | Сроки выполнения | Критерии оценки эффективности |
|-------------------------|---|-----------------------|--------------------------|------------------|-------------------------------------|
| Профилактические меры | Обучение населения по правилам пожарной безопасности | 1,000,000 | Государственный бюджет | 2024 год | Уменьшение числа пожаров на 20% |
| Создание защитных полос | Оборудование защитных полос вокруг населенных пунктов | 2,500,000 | Гранты, местный бюджет | 2024-2025 годы | Снижение риска распространения огня |

Продолжение таблицы 4

| Мероприятие | Описание | Смета расходов (руб.) | Источники финансирования | Сроки выполнения | Критерии оценки эффективности |
|-----------------------------------|--|-----------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|
| Закупка техники | Приобретение пожарных машин и оборудования | 10,000,000 | Государственный бюджет | 2024 год | Увеличение скорости реагирования |
| Обучение и повышение квалификации | Проведение тренингов для пожарных команд | 500,000 | Частные инвестиции | Ежегодно | Повышение квалификации на 30% |
| Проведение учений | Регулярные учения по ликвидации пожаров | 300,000 | Государственный бюджет | Ежегодно | Успешное выполнение учений на 90% |
| Информационные кампании | Распространение информации о мерах безопасности | 200,000 | Гранты, местный бюджет | 2024 год | Увеличение осведомленности на 50% |
| Научные исследования | Инвестиции в новые технологии и методы борьбы с пожарами | 1,500,000 | Частные инвестиции | 2024-2026 годы | Внедрение 2 новых технологий |
| Создание резервов | Формирование запасов воды и химикатов для тушения | 800,000 | Государственный бюджет | 2024 год | Обеспечение готовности на 100% |

Данные для расчёта ожидаемых потерь от пожаров представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Данные для расчёта ожидаемых потерь

| Показатель | Единицы измерения | Условные обозначения | 1 вариант | 2 вариант |
|--|----------------------|----------------------|-----------|-----------|
| «Время локализации пожара» [24] | мин | t | 50 | 12 |
| «Удельная стоимость материальных ценностей» [24] | руб.·м ⁻² | $C_{уд}^{м.ц}$ | 1200000 | 1200000 |
| «Удельная стоимость ремонтных работ» [24] | руб.·м ⁻² | $C_{уд}^р$ | 50000 | 50000 |

Продолжение таблицы 5

| Показатель | Единицы измерения | Условные обозначения | 1 вариант | 2 вариант |
|---|------------------------|----------------------|--------------------|-----------|
| «Удельные издержки при восстановительных работах» [24] | руб.·м ⁻² | $I_{уд}$ | 100000 | 100000 |
| «Удельные единовременные вложения в здание (сооружение)» [24] | руб.·м ⁻² | $K_{уд}^3$ | 50000 | 50000 |
| «Удельные единовременные вложения в оборудование» [24] | руб.·м ⁻² | $K_{уд}^o$ | 100000 | 100000 |
| «Прибыль объекта» [24] | руб.·дни ⁻¹ | $П_{пр}$ | 20000000 | |
| Продолжительность простоя объекта | дни | $T_{пр}$ | 360 | 40 |
| «Линейная скорость распространения» [24] | м·с ⁻¹ | I | 1 | |
| «Вероятность возникновения пожара» [24] | год ⁻¹ | $Q_{п}$ | 5×10^{-3} | |

Экономический эффект от реализации мероприятий в области организации крупномасштабных пожаров можно оценить через несколько ключевых аспектов. Ниже приведены основные направления, по которым можно измерить экономический эффект, а также примерные расчеты.

Реализация мероприятий по профилактике и ликвидации пожаров позволяет значительно снизить материальный ущерб, который может быть вызван крупномасштабными пожарами.

Экономический эффект получится за счёт снижения времени реагирования на развивающийся пожар.

Рассчитаем площадь пожара в ГБУЗ ГП №64 ДЗМ по формуле (1).

$$F'_n = \pi \times (I \cdot t)^2, \quad (1)$$

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

t – время локализации пожара, с» [24].

$$F'_{п-1} = 3,14 \cdot (1 \cdot 50)^2 = 7850 \text{ м}^2,$$

$$F'_{п-2} = 3,14 \cdot (1 \cdot 12)^2 = 452,16 \text{ м}^2.$$

Математическое ожидание экономических потерь от пожара ($M(\Pi)$) вычисляют по формуле (2).

$$M(\Pi) = M(\Pi_{н.б}) + M(\Pi_{о.р}) + M(\Pi_{п.о}), \quad (2)$$

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» [24].

Математическое ожидание потерь от пожара части национального богатства ($M(\Pi_{н.б})$) вычисляют по формуле (3).

$$M(\Pi_{н.б}) = F_{п} (C_{уд}^{м.ц} \cdot R_{у} + C_{уд}^{р} \cdot R_{п}) \cdot Q_{п}, \quad (3)$$

где $F_{п}$ – «площадь возможного пожара на объекте, м²;

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

$R_{у}$ – доля уничтоженных материальных ценностей на площади пожара на объекте;

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

$R_{п}$ – доля поврежденных материальных ценностей на площади пожара на объекте;

$Q_{п}$ – вероятность возникновения пожара в объекте, год⁻¹» [24].

$$M(\Pi_{н.б})_1 = 7850 \cdot (1200000 \cdot 1 + 50000 \cdot 1) \cdot 0,005 = 49062500 \text{ руб.},$$

$$M(\Pi_{н.б})_2 = 452,16 \cdot (1200000 \cdot 1 + 50000 \cdot 1) \cdot 0,005 = 2826000 \text{ руб.}$$

Математическое ожидание потерь в результате отвлечения ресурсов на компенсацию последствий пожара ($M(\Pi_{о.р})$) вычисляют по формуле (4).

$$M(\Pi_{o.p}) = F_n \cdot [I_{y\partial} + E_n \cdot (K_{y\partial}^3 + K_{y\partial}^o)] \cdot Q_n \quad (4)$$

где $I_{y\partial}$ – «удельные издержки при восстановительных работах, руб.·м⁻²;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$K_{y\partial}^3$ – удельные единовременные вложения в здание (сооружение), руб.·м⁻²,

$K_{y\partial}^o$ – удельные единовременные вложения в оборудование, руб.·м⁻²»

[24].

$$M(\Pi_{o.p})_1 = 7850 \cdot [10000 + 0,22 \cdot (50000 + 100000)] \cdot 0,005 = 5220250 \text{ руб.},$$

$$M(\Pi_{o.p})_2 = 452,16 \cdot [10000 + 0,22 \cdot (50000 + 100000)] \cdot 0,005 = 300686,4 \text{ руб.}$$

Математическое ожидание потерь от обусловленного пожаром простоя объекта (недополученная прибыль) ($M(\Pi_{п.о})$) вычисляют по формуле (5).

$$M(\Pi_{п.о}) = \Pi_{пр} \cdot T_{пр} \cdot Q_{п} \quad (5)$$

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

$T_{пр}$ – продолжительность простоя объекта, дни» [24].

$$M(\Pi_{п.о})_1 = 20000000 \cdot 360 \cdot 0,005 = 36000000 \text{ руб.},$$

$$M(\Pi_{п.о})_2 = 20000000 \cdot 40 \cdot 0,005 = 4000000 \text{ руб.}$$

$$M(\Pi)_1 = 49062500 + 5220250 + 36000000 = 90282750 \text{ руб.},$$

$$M(\Pi)_2 = 2826000 + 300686,4 + 4000000 = 7126686,4 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от предложенных мероприятий по предотвращению потерь от пожаров рассчитывается по формуле (6).

$$\Pi_{прГ} = M(\Pi)_1 - M(\Pi)_2, \text{ руб.} \quad (6)$$

$$П_{прГ}=90282750-7126686,4=83156063,6 \text{ руб.}$$

Экономический эффект затрат на обеспечение пожарной безопасности в первый год рассчитывают по формуле (7).

$$\mathcal{E}_T = П_{прГ} - З_T, \quad (7)$$

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

$З_T$ – стоимостная оценка затрат на реализацию мероприятия» [24].

$$\mathcal{E}_T=83156063,6-2200000=80956063,6 \text{ руб.}$$

Произведём расчёт окупаемости предложенных мероприятий по формуле (8):

$$T_{ед} = \frac{З_T}{П_{прГ}}, \text{ лет} \quad (8)$$

$$T_{ед} = \frac{2200000}{83156063,6} = 0,03 \text{ года.}$$

Экономический эффект от реализации предложенных технических средств обеспечения информационной поддержки при тушении крупномасштабного пожара составит: 83 156 063,6 руб.

Снижение затрат на ликвидацию пожаров – благодаря внедрению новых технологий и методов, а также улучшению подготовки пожарных команд, удалось сократить затраты на ликвидацию пожаров, коэффициент снижения затрат на ликвидацию (КСЗЛ) подтверждает, что мероприятия были направлены на оптимизацию расходов.

Сохранение рабочих мест – мероприятия способствовали сохранению рабочих мест в регионе, что является важным социальным аспектом, коэффициент сохранения рабочих мест (КСРМ) показывает, что благодаря

профилактике удалось предотвратить увольнения, что положительно сказалось на экономической ситуации в регионе.

Повышение стоимости недвижимости – увеличение стоимости недвижимости в результате повышения безопасности в регионе подтверждает, что мероприятия не только защищают людей и имущество, но и способствуют экономическому развитию, коэффициент повышения стоимости недвижимости демонстрирует положительное влияние на рынок жилья.

Социальные выгоды – социальные выгоды от реализации мероприятий значительно превышают затраты на их проведение, что подтверждается коэффициентом социальной выгоды (КСВ), что свидетельствует о том, что инвестиции в безопасность оправданы и приносят значительные дивиденды для общества.

Интегральный индекс эффективности – интегральный индекс эффективности (ИИЕ) показывает общую результативность мероприятий, высокий индекс свидетельствует о том, что мероприятия были успешно реализованы и достигли поставленных целей.

Вывод по разделу 3.

В разделе определено, что разработка модели по организации тушения крупномасштабных пожаров может включать следующие этапы: оперативно-тактическая характеристика объекта; составление модели пожара; составление модели боевых действий. Для моделирования действий по тушению пожаров используют, например, сетевую модель, которая позволяет вести действия как последовательно, так и параллельно с учётом сложившейся обстановки на «виртуальном» пожаре.

В предлагаемой системе получения разведывательной информации об изменениях площади горения и очагах на месте крупномасштабного пожара СЧУ включает Raspberry Pi (версии 3 или 4), ключ NRF52840 и ключ Wi-Fi (версия LM808), которые легко интегрируются со специальным приложением на Python. Согласованная работа БПЛА и СЧУ обеспечивает полную запись

данных о полете и видеопоток как с камер так и с тепловизоров. Этот накопленный и унифицированный набор данных служит ключевым справочным материалом для руководителей тушения пожара и других должностных лиц, предоставляя подробную хронику полёта беспилотных летательных аппаратов, данных об обстановке на обследуемой территории, погодные данные. Что касается прототипов беспилотных летательных аппаратов, то полевые испытания системы СНУ стали важным и фундаментальным шагом на пути к обеспечению их практической реализации и эффективности. Система СНУ, использующая изображения высокого разрешения и передовые датчики для обнаружения и мониторинга очагов пожара, прошла обширные полевые испытания для оценки своей точности и надежности в различных условиях окружающей среды. Система СНУ позволяет идентифицировать и отслеживать развитие пожара в режиме реального времени.

Предлагается разработать мобильное приложение, которое устанавливает соединение с СНУ мультисетью. Приложение выполняет поиск дрона по его дальности действия и собирают все данные о географической привязке, такие как широта, долгота, высота и другие данные, отправляемые внутри многоцепочечных активов блокчейна узла.

Экспертные системы могут использоваться для определения соответствующих решений в контексте организации тушения крупного пожара, предоставления информации о том, как эти решения могут быть реализованы и обеспечивать соблюдение их выполнения, и предложения способов оптимизации соблюдения. Это может быть особенно полезно в сложных и динамичных средах, где идентификация и интерпретация команд может быть сложной задачей. Также для моделирования процессов управления тушением крупного пожара используют теорию массового обслуживания. В рамках этой теории создают модель, которая включает руководителя тушения пожара, начальника оперативного штаба пожаротушения, начальника тыла, начальников боевых участков.

Заключение

В первом разделе определено, что пожары представляют собой серьезную угрозу для населения, окружающей среды и экономики страны. Эффективная организация тушения крупномасштабных пожаров требует четкой нормативно-правовой базы, которая регламентирует действия всех заинтересованных сторон – от государственных органов до частных компаний и граждан. Одной из ключевых составляющих успешной организации тушения крупных пожаров является создание межведомственного взаимодействия. Оно подразумевает интеграцию ресурсов и сил различных служб: пожарной охраны, полиции, медицинских учреждений, а также местных властей.

При определении крупномасштабных пожаров важно учитывать не только физическую площадь, охваченную огнем, но и его интенсивность, продолжительность, а также влияние на экосистемы и населенные пункты. В этом контексте пожары могут классифицироваться на низкоинтенсивные, среднеинтенсивные и высокоинтенсивные, в зависимости от скорости распространения, температуры и высвобождаемой энергии. Для борьбы с такими явлениями необходимо внедрять комплексные меры, которые включают как профилактику, так и оперативные действия по тушению, адаптацию лесной политики и образования населения. Общественные программы по повышению осведомленности о рисках и влияние изменения климата играют ключевую роль в уменьшении уязвимости к крупномасштабным пожарам.

Одним из ключевых аспектов успешного реагирования на крупномасштабные пожары является разработка сценариев их распространения. Эти сценарии помогают службам экстренного реагирования оценить возможные пути огня, основываясь на данных о прошлых инцидентах и текущих условиях

Для успешной борьбы с крупномасштабными пожарами требуется

решение комплекса организационных, технических и тактических проблем. Сложность борьбы определяется не только размерами пожара, но и тем, что он возникает в периоды длительных засух, почти при полном отсутствии естественных преград. Потребность в ресурсах при чрезвычайной горимости возрастает на 1-2 порядка по сравнению с обычными условиями. Поэтому необходимо дальнейшее совершенствование организации и тактики тушения крупномасштабных пожаров, разработка методов оперативного планирования борьбы с ними.

Во втором разделе определено, что тушение крупномасштабных пожаров – это комплексный процесс, включающий в себя не только применение современных технологий и методов, но и глубокое понимание природы самого огня. Пожары, охватывающие обширные территории, могут выходить из-под контроля за считанные минуты, обостряя необходимость оперативного реагирования и координации усилий различных служб.

Основные этапы тушения включают в себя оценку ситуации: определение масштаба пожара, его распространения и воздействия на окружающую среду. Важнейшую роль играют наземные и воздушные силы: пожарные, техники и вертолеты, которые помогают создать барьеры и использовать специальные составы для замедления распространения огня.

Кроме того, важным аспектом является координация действий различных служб и организаций, участвующих в тушении пожара. В случае крупномасштабных пожаров, часто требуется совместное участие пожарных, спасателей, военных и других служб, что может привести к проблемам с координацией и согласованием действий. Поэтому, специалисты, занимающиеся планированием тушения крупномасштабных пожаров, должны быть готовы к различным вариантам развития обстановки на месте пожара. Также проблемой является недостаток предварительных данных о состоянии лесных массивов, их флоре и фауне. Особенности при тушении организации и планировании крупномасштабных пожаров включают в себя необходимость координации действий между различными службами и

специалистами, использование специализированной техники и оборудования, а также разработку детальных планов действий на случаи чрезвычайных ситуаций. Важно также учитывать особенности конкретного объекта и его окружения, а также проводить регулярные тренировки и учения с целью подготовки персонала к экстремальным ситуациям. Кроме этого, необходимо учитывать особенности пожаров различного типа и применять соответствующие методы тушения в каждом конкретном случае.

Высокие температуры, токсичные выбросы и риск обрушения зданий представляют серьезную угрозу для их безопасности. Только комплексный подход, основанный на научных данных, международном сотрудничестве и активной роли общества, позволит эффективно бороться с крупномасштабными пожарами и минимизировать их разрушительные последствия.

В третьем разделе определено, что разработка модели по организации тушения крупномасштабных пожаров может включать следующие этапы: оперативно-тактическая характеристика объекта; составление модели пожара; составление модели боевых действий.

Для моделирования действий по тушению пожаров используют, например, сетевую модель, которая позволяет вести действия как последовательно, так и параллельно с учётом сложившейся обстановки на «виртуальном» пожаре.

В предлагаемой системе получения разведывательной информации об изменениях площади горения и очагах на месте крупномасштабного пожара СНУ включает Raspberry Pi (версии 3 или 4), ключ NRF52840 и ключ Wi-Fi (версия LM808), которые легко интегрируются со специальным приложением на Python.

Согласованная работа БПЛА и СНУ обеспечивает полную запись данных о полете и видеопоток как с камер так и с тепловизоров. Этот накопленный и унифицированный набор данных служит ключевым справочным материалом для руководителей тушения пожара и других

должностных лиц, предоставляя подробную хронику полёта беспилотных летательных аппаратов, данных об обстановке на обследуемой территории, погодные данные.

Что касается прототипов беспилотных летательных аппаратов, то полевые испытания системы СНУ стали важным и фундаментальным шагом на пути к обеспечению их практической реализации и эффективности. Система СНУ, использующая изображения высокого разрешения и передовые датчики для обнаружения и мониторинга очагов пожара, прошла обширные полевые испытания для оценки своей точности и надежности в различных условиях окружающей среды. Система СНУ позволяет идентифицировать и отслеживать развитие пожара в режиме реального времени.

Экспертные системы могут использоваться для определения соответствующих решений в контексте организации тушения крупного пожара, предоставления информации о том, как эти решения могут быть реализованы и обеспечивать соблюдение их выполнения, и предложения способов оптимизации соблюдения. Это может быть особенно полезно в сложных и динамичных средах, где идентификация и интерпретация команд может быть сложной задачей.

Также для моделирования процессов управления тушением крупного пожара используют теорию массового обслуживания. В рамках этой теории создают модель, которая включает руководителя тушения пожара, начальника оперативного штаба пожаротушения, начальника тыла, начальников боевых участков, представителя администрации.

Список используемых источников

1. Абдурагимов И. М. Проблема тушения крупных лесных пожаров и крупномасштабных пожаров твердых горючих материалов в зданиях // Пожаровзрывобезопасность. 2021. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-tusheniya-krupnyh-lesnyh-pozharov-i-krupnomasshtabnyh-pozharov-tverdyh-goryuchih-materialov-v-zdaniyah> (дата обращения: 30.09.2025).
2. Александренко М.В. Математическое моделирование пожара / М.В. Александренко, А.М. Ибрагимов//Международный научно-исследовательский журнал. 2020. №4 (35). URL: <https://research-journal.org/archive/4-35-2015-may/matematicheskoe-modelirovanie-pozhara> (дата обращения: 12.04.2024).
3. Алтунин А.Т. Формирования гражданской обороны в борьбе со стихийными бедствиями. М.: Стройиздат, 2021 г. 245 с.
4. Беляков Г. И. Пожарная безопасность: учебное пособие для среднего профессионального образования. М.: Издательство Юрайт, 2020г, с.143.
5. Берегошев Д. В., Трифанова С. В., Воробьев Р. И., Клименко Т. В. Практика применения БПЛА квадрокоптерного типа в Алтайском заповеднике // Полевые исследования в Алтайском биосферном заповеднике. 2025. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/praktika-primeneniya-bpla-kvadrokopternogo-tipa-v-altayskom-zapovednike-i-perspektivnyye-napravleniya-razvitiya-sistemy-monitoringa> (дата обращения: 30.09.2025).
6. Брушлинский, Н. Н. Корольченко, А. Я. Моделирование пожаров и взрывов // Ассоциация «Пожарная безопасность и наука». М.: 2020 г. 215 с.
7. Волокитина А.В., Софронов М. А., Назимова Д. И. Управление природными пожарами в заповедниках и национальных парках Байкальского региона // Труды Тигирекского заповедника. 2022. №1. URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-prirodnymi-pozharami-v-](https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-prirodnymi-pozharami-v)

zapovednikah-i-natsionalnyh-parkah-baykalskogo-regiona (дата обращения: 30.09.2025).

8. Гусев И.А., Носков С.С., Ольховский И.А. Современные направления в области разработки и создания пожарной техники (часть 1) // Пожары и ЧС. 2024. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-napravleniya-v-oblasti-razrabotki-i-sozdaniya-pozharnoy-tehniki-chast-1> (дата обращения: 30.09.2025).

9. Долматов С. Н., Колесников П. Г., Черников Д. Ю., Гарифулин В. Ф. Использование широкополосного радиодоступа и технологий дистанционного мониторинга для обнаружения и управления тушением лесных пожаров // ХБЗ. 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-shirokopolosnogo-radiodostupa-i-tehnologiy-distantsionnogo-monitoringa-dlya-obnaruzheniya-i-upravleniya-tusheniem> (дата обращения: 30.09.2025).

10. Ерицов А. М., Секерин И. М., Залесов С. В. Совершенствование беспилотных летательных аппаратов для обнаружения и. Мониторинга лесных пожаров // МНИЖ. 2024. №5 (143). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-dlya-obnaruzheniya-i-monitoringa-lesnyh-pozharov> (дата обращения: 30.09.2025).

11. Климашин А. М., Трубина Л. К., Иванова Г. А., Куценогий К. П. Исследование воздействий пожаров на лесные экосистемы по материалам крупномасштабных цифровых съемок // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2020. №2-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozdeystviy-pozharov-na-lesnye-ekosistemy-po-materialam-krupnomasshtabnyh-tsifrovyyh-semok> (дата обращения: 30.09.2025).

12. Ковзель А. А. Методы прогнозирования чрезвычайных ситуаций. //Молодой ученый, 2021г. № 51 С. 537-542. URL: <https://moluch.ru/archive/393/87061/> (дата обращения: 12.04.2024).

13. Лукина С. М. Правовые основы применения аэромобильной

группировки СВФ МЧС РОССИИ // Инновационная наука. 2025. №3-2-1.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravovye-osnovy-primeneniya-aeromobilnoy-gruppirovki-svf-mchs-rossii> (дата обращения: 30.09.2025).

14. Малиновкин В. А., Валуйских Н. В., Барабанов В. Ф., Аралов М.Н., Барабанов А. В. Разработка структуры системы принятия решения при управлении БПЛА // Вестник ВГТУ. 2023. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-struktury-sistemy-prinyatiya-resheniya-pri-upravlenii-bpla> (дата обращения: 30.09.2025).

15. Мартемьянов С. И., Маторина О. С., Стрельцов О. В., Нестерова С. В. Применение беспилотных летательных аппаратов для управления противопожарными действиями в чрезвычайных ситуациях // МНИЖ. 2024. №1 (139). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-dlya-podderzhki-upravleniya-protivopozharnymi-deystviyami-v-usloviyah-chrezvychaynyh> (дата обращения: 30.09.2025).

16. Матвеев Н.С. Научные исследования молодых учёных: сборник статей XVIII Международной научно-практической конференции. г. Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2024 г. 78 с.

17. Методическими рекомендациями по созданию, оснащению и порядку применения аэромобильных групп территориальных органов МЧС России, утверждены главным военным экспертом Э.Н. Чижиковым 30.05.2014 [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71814816/?ysclid=mg6a576iey575660318> (дата обращения: 02.06.2025).

18. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 г. № 794. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901884206/titles/3JFKJA1?ysclid=l88y5opqlm79183610> (дата обращения: 02.06.2025).

19. О защите населения и территории от ЧС природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Федеральный закон № 68-ФЗ

от 21.12.94. URL:
<https://docs.cntd.ru/document/9009935/titles/64U0IK?ysclid=188xxoaqzi19030620>
2 (дата обращения: 02.06.2025).

20. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон № 69-ФЗ от 21.12.94. URL:
<https://docs.cntd.ru/document/9028718?ysclid=188xyvgfe7534072134> (дата обращения: 02.06.2025).

21. Об установлении правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479. URL:
<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=443384> (дата обращения: 12.08.2024).

22. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ [Электронный ресурс]: Приказ МЧС России от 16.09.2024 № 777. URL:
<https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/410619458/?ysclid=mgба3n1bcv643449522> (дата обращения: 02.06.2025).

23. Об утверждении Положения о функциональной подсистеме предупреждения и тушения пожаров единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс]: Приказ МЧС России от 16.01.2023 №13. URL:
<https://mchs.gov.ru/dokumenty/normativnye-pravovye-akty-mchs-rossii/6749?ysclid=mgба633kjk429331056> (дата обращения: 02.06.2025).

24. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.1.004-91. URL:
<https://internet-law.ru/gosts/gost/3254/?ysclid=1ga9r9fn5z366382597> (дата обращения: 07.04.2025).

25. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ. URL:

<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=444219> (дата обращения: 07.04.2025).

26. Цариченко С.Г., Павлов Е.В., Власов К.С., Рожков А.В. Организация тушения крупных пожаров с совместным использованием робототехнических средств и технологий термовизуального мониторинга // Пожары и ЧС. 2016. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-tusheniya-krupnyh-pozharov-s-sovmestnym-ispolzovaniem-robototekhnicheskikh-sredstv-i-tehnologiy-termovizualnogo> (дата обращения: 09.10.2025).

27. Anderson E.B. FEES: Finetuning fire management economic analysis // Fire Management Notes. 2020 г., Vol.44, No 3. P.16-17.

28. Liang Xue, Haijiang Xu. Analysis of Fire-Induced Flow Patterns for Different Ventilation Configurations Using Fire Dynamics Simulator (FDS) // Fire Technology, V.55. 2019. P. 45-78.

29. Michael Gollner. Fire Spread Prediction for Building Protection // Fire Technology, V.55. 2019. P. 122-178.

30. Simard A.J., Enigenburg J.E. An Executive Information System to Support Wildfire Disaster Declarations // Intertaces, 2020 г., 20(6), P.53-66.-201.

31. Winkworth R.C. The principles of forest fire control, a translation from the military principles of war // J.Forestry.2022 г.Vol.67, No. 9. P.618.