

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 Разработка модели и алгоритма поиска пострадавших при различных
чрезвычайных ситуациях и пожарах

Обучающийся

Ю.В. Рыщенко

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н. И.И. Рашоян

(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.....	4
Термины и определения	10
Перечень сокращений и обозначений.....	11
1 Исследование технологий и методов поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах	12
1.1 Основы проведения аварийно-спасательных работ	11
1.2 Перспективные технологии и методы поиска и спасения людей.....	31
2 Разработка модели и алгоритма поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах	49
2.1 Анализ способов и методов поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах.....	50
2.2 Разработка модели и алгоритма поиска пострадавших	61
3 Апробация разработанных модели и алгоритма поиска пострадавших	70
3.1 Технология применения модели и алгоритма поиска на одном из объектов защиты	70
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации.....	78
Заключение	83
Список используемых источников.....	85

Введение

Поиск пострадавших при чрезвычайных ситуациях и пожарах – это основной этап спасательных операций.

Актуальность темы поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах подтверждается тем, что:

- такие события, как природные катастрофы, техногенные аварии и крупные пожары, происходят с высокой частотой и могут обрушиться на любую территорию в любой момент, эффективные меры по поиску и спасению людей в условиях кризиса являются одной из ключевых задач служб экстренной помощи и имеют важное значение для минимизации потерь и обеспечения безопасности граждан;
- современные технологии, такие как БПЛА, геолокация и использование мобильных приложений открывают новые горизонты в повышении эффективности этих операций и позволяют быстрее реагировать на возникающие угрозы;
- значимость предшествующих исследований и разработок в этой области является очевидной, поскольку правильная организация поисковых операций может спасти жизни и сократить время реагирования на инциденты.

Актуальность данной темы остается неоспоримой в свете постоянно меняющихся условий и требований, предъявляемых к службам жизнеобеспечения. Регулярные тренировки, совместные учения и внедрение инновационных подходов к поиску пострадавших позволяют повысить готовность к действию в критических ситуациях. Общество, осознавая важность подготовленности спасателей и повышая уровень своей безопасности, делает акцент на необходимости развития данной темы.

Объект исследования: система поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах.

Предмет исследования: модель и алгоритм поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах.

Цель исследования: повышение эффективности аварийно-спасательных работ путем разработки модели и алгоритма поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах.

Гипотеза исследования состоит в том, что повысить эффективность аварийно-спасательных работ в области поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах можно, если:

- проанализировать нормативные правовые требования к аварийно-спасательным работам;
- описать научные источники в области поиска и спасения людей, и современные и перспективные аварийно-спасательные технологии и оборудование;
- провести анализ способов и методов поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах;
- описать принцип и критерии построения модели поиска пострадавших, построить модель в виде схемы;
- обосновать необходимость и актуальность применения модели и алгоритма поиска на выбранном объекте;
- оценить эффективность предлагаемых мероприятий по данным критериям.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- описать нормативные правовые требования к аварийно-спасательным работам и типовые аварийно-спасательные технологии и оборудование;
- описать научные источники в области поиска и спасения людей, и современные и перспективные аварийно-спасательные технологии и оборудование;

- провести анализ способов и методов поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах;
- описать принцип и критерии построения модели поиска пострадавших;
- разработать модель и алгоритм поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах на выбранном объекте;
- оценить эффективность предлагаемых мероприятий.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: системный подход, позволяющий исследовать технологии и методы поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах, методические рекомендации по поиску пострадавших с использованием мобильного радиолокационного комплекса, методические рекомендации по порядку проведения испытаний расчётов поисковой кинологической службы МЧС России.

Базовыми для настоящего исследования явились также: алгоритмы принятия управленческих решений при поиске пострадавших под завалами.

Методы исследования: теоретический метод изучения перспективных технологий и методов поиска и спасения людей, библиографический метод описания научных источников в области поиска и спасения людей.

Опытно-экспериментальная база исследования: жилой дом г. Самара.

Научная новизна исследования заключается в:

- разработанной модели поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах;
- сформулированном алгоритме поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах.

Теоретическая значимость исследования заключается в:

- освещении научной проблемы поиска пострадавших при пожарах, ЧС;

- решении проблемы поиска пострадавших с учетом внедрения современных технических устройств.

Практическая значимость исследования заключается в:

- адаптации разработанной модели пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах к новому объекту строительства (жилой дом, 2022 года постройки);
- адаптации алгоритма поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах к новому объекту строительства (жилой дом, 2022 года постройки).

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- методическими рекомендациями по действиям поиска пострадавших для профессиональных служб спасения и пожаротушения;
- данными научной статьи похожей тематики.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в разработке модели и алгоритма пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах к новому объекту строительства (жилой дом, 2022 года постройки).

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования.

Опубликована статья: Рыщенко Ю.В. Разработка модели и алгоритма поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах // Международный научный журнал «Символ науки» (ISSN 2410-700X). 2023. С. 65-68.

На защиту выносятся:

- выявленные данные перспективных аварийно-спасательных технологий (система персонального поиска людей при пожарах и чрезвычайных ситуациях, метод поддержки принятия

- управленческих решений при поиске и обнаружении пострадавших под завалами, образующимися в результате чрезвычайных ситуаций, аварий, пожаров и взрывов);
- проведенный анализ способов и методов поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах, который заключается в расчете сил и средств по тушению пожаров, а также применении способов спасения (карабины, пояса, СИЗОД);
 - разработанный алгоритм поиска в виде схемы с учетом особенностей, включающих в себя оценку обстановки, выбранное решающее направление – основное действие и порядок действий по эвакуации людей;
 - принцип и критерии построения модели поиска пострадавших (основывается на комбинации вероятностных и эвристических методов, где ключевым принципом является максимизация вероятности обнаружения пострадавшего при минимизации времени и ресурсов, затраченных на поиск);
 - обоснованные данные выбора технического средства (устройства информационной поддержки поиска пострадавших) при необходимости применения модели и алгоритма поиска на выбранном объекте – жилой дом, г. Самара, Кировский, Московское шоссе, 18-й километр;
 - расчет оценки эффективности предлагаемых мероприятий устройства информационной поддержки поиска пострадавших и беспилотного летательного аппарата, результаты оценки показали высокий показатель чистого дисконтированного дохода (25350827 рублей) и быстрый срок окупаемости (1,2 года).

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 8 рисунков, 4 таблицы, список использованной литературы (42 использованных источников). Основной текст работы изложен на 88 страницах.

Термины и определения

«Аварийно-спасательные работы – это действия по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защите природной среды в зоне чрезвычайных ситуаций, локализации чрезвычайных ситуаций и подавлению или доведению до минимально возможного уровня воздействия характерных для них опасных факторов» [17].

«Меры пожарной безопасности – действия по обеспечению пожарной безопасности, по выполнению требований пожарной безопасности» [11].

«Опасные факторы пожара – факторы пожара, воздействие которых может привести к травме, отравлению или гибели человека и (или) к материальному ущербу» [32].

«Первая помощь – комплекс мероприятий, направленных на оказание помощи пострадавшим при экстренных ситуациях (травмы, переломы, обмороки, удушья, кровотечения) [7]».

«Спасатель – это гражданин, подготовленный и аттестованный на проведение аварийно-спасательных работ» [17].

«Тушение – действия, направленные на спасение людей, имущества и ликвидацию пожаров с учетом специфики зданий (сооружений), в которых произошел пожар» [19].

«Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей» [14].

Перечень сокращений и обозначений

АСДНР – аварийно-спасательные и другие неотложные работы

АСФ – аварийно-спасательные формирования

АСР – аварийно-спасательные работы

БПЛА – беспилотный летательный аппарат

ГАСИ – гидравлический аварийно-спасательный инструмент

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

ОТ – охрана труда

ПБ – пожарная безопасность

ПО – пожарная охрана

ПСС – поисково-спасательная служба

СИЗОД – средства индивидуальной защиты

США – соединенные штаты Америки

ТБ – техника безопасности

ЧС – чрезвычайная ситуация

1 Исследование технологий и методов поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах

1.1 Основы проведения аварийно-спасательных работ

Проведение АСР – это особый вид работ, при котором необходимо наличие специальной подготовки, а также наличие технического оснащения и экипировки.

«Эффективность проведения работ по поиску и обнаружению пострадавших под завалами в результате ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в значительной степени определяется оперативностью принятия управленческих решений, а также состоянием технической оснащенности привлекаемых пожарно-спасательных формирований, в том числе пожарных частей, аварийно-спасательных и других подразделений и служб МЧС России» [10].

«Для эффективной работы рекомендуется организовать оперативное взаимодействие с территориальными органами, органами местного самоуправления, отделом МВД России, медицинскими учреждениями и иными организациями, расположенными на территории, привлекаемыми для проведения поисково-спасательных мероприятий по поиску пропавших людей» [2].

Виды ЧС по происхождению:

- природные;
- техногенные,
- биолого-социальные,
- террористические,
- космические [23].

Чаще всего происходят техногенные ЧС, несмотря на это будем рассматривать все виды.

«Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера подразделяются на:

- чрезвычайную ситуацию локального характера, в результате которой территория, на которой сложилась чрезвычайная ситуация и нарушены условия жизнедеятельности людей, не выходит за пределы территории организации (объекта), при этом количество людей, погибших и (или) получивших ущерб здоровью, составляет не более 10 человек либо размер ущерба окружающей природной среде и материальных потерь составляет не более 360 тыс. рублей;
- чрезвычайную ситуацию муниципального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории одного муниципального образования, при этом количество людей, погибших и (или) получивших ущерб здоровью, составляет не более 50 человек либо размер материального ущерба составляет не более 18 млн. рублей, а также данная чрезвычайная ситуация не может быть отнесена к чрезвычайной ситуации локального характера;
- чрезвычайную ситуацию межмуниципального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации затрагивает территорию двух и более муниципальных районов, муниципальных округов, городских округов, расположенных на территории одного субъекта Российской Федерации, или внутригородских территорий города федерального значения, при этом количество людей, погибших и (или) получивших ущерб здоровью, составляет не более 50 человек либо размер материального ущерба составляет не более 18 млн. рублей;
- чрезвычайную ситуацию регионального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории одного субъекта Российской Федерации, при этом количество людей, погибших и (или) получивших ущерб здоровью,

составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 18 млн. рублей, но не более 1,8 млрд. рублей;

- чрезвычайную ситуацию межрегионального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации затрагивает территорию двух и более субъектов Российской Федерации, при этом количество людей, погибших и (или) получивших ущерб здоровью, составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек или затрагивает территорию двух и более муниципальных районов, муниципальных округов, городских округов или внутригородских территорий города федерального значения, при этом общий размер материального ущерба составляет не более 1,8 млрд. рублей;
- чрезвычайную ситуацию федерального характера, в результате которой количество людей, погибших и (или) получивших ущерб здоровью, составляет свыше 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 1,8 млрд. рублей» [15].

Важную роль играют технические регламенты, правила безопасности, строительные нормы и правила, а также ведомственные нормативные акты, разрабатываемые и утверждаемые министерствами и ведомствами, в частности, МЧС России. Эти документы регламентируют порядок проведения конкретных видов АСР, использование специальной техники и оборудования, а также требования к квалификации спасателей [4], [26].

Важным аспектом нормативного регулирования является обеспечение безопасности как самих спасателей, так и пострадавших. Кроме того, нормативные требования включают положения об обязательном страховании спасателей и компенсации ущерба, причиненного им при выполнении своих обязанностей [4].

Помимо федерального законодательства, субъекты Российской Федерации также вправе принимать свои нормативные правовые акты, регулирующие вопросы организации и проведения АСР на своей территории

с учетом местных особенностей и угроз. Эти акты не должны противоречить федеральному законодательству и могут детализировать отдельные аспекты организации АСР, например, порядок привлечения добровольных спасательных формирований [4].

«Ликвидация чрезвычайных ситуаций:

- локального характера осуществляется силами и средствами организации;
- муниципального характера осуществляется силами и средствами органов местного самоуправления;
- межмуниципального и регионального характера осуществляется силами и средствами органов местного самоуправления, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, оказавшихся в зоне чрезвычайной ситуации;
- межрегионального и федерального характера осуществляется силами и средствами органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, оказавшихся в зоне чрезвычайной ситуации» [13].

При недостаточности указанных сил и средств привлекаются в установленном порядке силы и средства федеральных органов исполнительной власти [27]. Таким образом, нормативное правовое регулирование АСР представляет собой многоуровневую систему, направленную на обеспечение эффективности и безопасности проведения аварийно-спасательных работ, защиту жизни и здоровья людей [4], [12].

«Для проведения аварийно-спасательных работ привлекаются силы гражданской обороны в составе подразделений войск гражданской обороны, гражданских организаций гражданской обороны и других формирований. Аварийно-спасательные работы проводятся в целях розыска и деблокирования пострадавших, оказания им медицинской помощи и эвакуации в лечебные учреждения» [17].

Сложность выполнения аварийно-спасательных работ зависит от множества факторов [5]. Характер и масштаб самой ЧС (природная,

техногенная, биолого-социальная), время года и суток, географическое положение и климатические условия, наличие пострадавших и их состояние, доступность зоны бедствия – все это оказывает непосредственное влияние на организацию и проведение АСР [14].

К примеру, землетрясения часто вызывают массовые разрушения, затрудняя доступ к пострадавшим под завалами и требуя применения специальной техники и оборудования [5]. В случае наводнений, ключевыми проблемами становятся эвакуация населения из затопленных районов, обеспечение их временным жильем и продовольствием, а также предотвращение распространения инфекционных заболеваний. Техногенные аварии, особенно связанные с радиационным или химическим заражением.

«Исследование способов поиска и обнаружения пострадавших под завалами, используемых при проведении поисковых работ, показало, что необходимым условием при обнаружении пострадавших под завалами является использование эффективных управленческих решений. Перспективным направлением развития при проведении поиска и обнаружения пострадавших, находящихся под завалами, является применение программно-аппаратного комплекса поиска и обнаружения пострадавших под завалами на основе сверхширокополосных портативных радаров» [10].

Далее, выделим основные виды работ, которые относят к аварийно-спасательным.

«Аварийно-спасательные работы в очагах поражения включают:

- разведку маршрутов движения и участков работ;
- локализацию и тушение пожаров на маршрутах движения и участках работ;
- подавление или доведение до минимально возможного уровня возникших в результате ЧС вредных и опасных факторов, препятствующих ведению спасательных работ;

- розыск и извлечение пораженных из поврежденных и горящих зданий, загазованных, затопленных и задымленных помещений, из завалов и блокированных помещений (из заваленных и поврежденных защитных сооружений);
- подачу воздуха в заваленные защитные сооружения с поврежденной фильтровентиляционной системой;
- оказание первой медицинской и врачебной помощи пострадавшим и эвакуацию их в лечебные учреждения;
- вывоз (вывод) населения из опасных зон;
- санитарную обработку людей, ветеринарную обработку животных, дезактивацию, дезинфекцию и дегазацию техники, средств защиты и одежды, обеззараживание территории и сооружений, продовольствия, воды, продовольственного сырья и фуража» [17].

Здесь необходимо отметить, что все виды выше представленных работ выполняются иногда одновременно, параллельно друг с другом для экономии времени. Это затруднительно, поскольку необходим опыт тактических знаний по управлению действиями при АСР [29], [30].

Здесь выступает фактор оперативности (необходимость выполнения задач по ликвидации ЧС в сжатые сроки из-за возможной угрозы для людей, животных, окружающей среды и в целом жизни общества) [16].

Оперативное выполнение аварийно-спасательных работ при различных чрезвычайных ситуациях является критически важным фактором, определяющим масштаб последствий и количество пострадавших. Задержка в проведении АСР напрямую влияет на увеличение количества жертв, усугубление разрушений и затруднение восстановления нормальной жизнедеятельности населения. Быстрая и эффективная реакция спасательных служб позволяет минимизировать негативное воздействие ЧС, стабилизировать ситуацию и создать условия для дальнейшего оказания помощи пострадавшим. Оперативность в АСР подразумевает не только скорость прибытия на место происшествия, но и слаженность действий всех

участников, наличие необходимого оборудования и ресурсов, а также четкую координацию с другими службами и ведомствами.

Далее в рамках исследования темы (ЧС, пожары) рассмотрим виды АСР, которые отличны в зависимости от вида ЧС.

«Виды АСР:

- горноспасательные работы;
- газоспасательные работы;
- противобомбовые работы;
- поисково-спасательные работы;
- аварийно-спасательные работы, связанные с тушением пожаров;
- работы по ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций;
- работы по ликвидации последствий радиационных аварий;
- работы по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на континентальном шельфе российской федерации, во внутренних морских водах, в территориальном море и прилегающей зоне РФ» [17].

Далее необходимо осуществить анализ этапов проведения АСР, но приведем заранее принципы деятельности АСР для того, чтобы выделить иерархичность этапов в порядке их важности.

«Основными принципами деятельности аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований и спасателей являются:

- принцип гуманизма и милосердия, предусматривающий приоритетность задач спасения жизни и сохранения здоровья людей, защиты природной среды при возникновении чрезвычайных ситуаций;
- принцип единоначалия руководства аварийно-спасательными службами, аварийно-спасательными формированиями;

- принцип оправданного риска и обеспечения безопасности при проведении аварийно-спасательных и неотложных работ;
- принцип постоянной готовности аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований к оперативному реагированию на чрезвычайные ситуации и проведению работ по их ликвидации» [17].

Поиск пострадавших при чрезвычайных ситуациях является критически важной задачей, требующей скоординированных усилий различных служб и применения специализированного оборудования.

Оперативность и эффективность поисково-спасательных работ напрямую влияют на количество спасенных жизней. В условиях ЧС, таких как землетрясения, наводнения, обрушения зданий, поисковые группы используют различные методы, включая визуальный осмотр, прослушивание, применение кинологических расчетов и технических средств, таких как тепловизоры, георадары и акустические приборы.

Особое внимание уделяется организации работы в условиях ограниченной видимости, нестабильности конструкций и других опасностей, представляющих угрозу для спасателей [34].

«Первая медицинская помощь оказывается пострадавшим на месте их деблокирования с целью спасения жизни пострадавших путем устранения воздействия поражающих факторов и приведения пострадавшего в состояние, позволяющее осуществлять эвакуацию из опасной зоны. Оказание медицинской помощи в ряде случаев производят на пункте сбора пострадавших после их эвакуации» [17].

«При проведении АСР на месте ЧС силами подразделений, привлеченными силами и средствами РСЧС проводятся следующие действия:

- проникновение в места распространения (возможного распространения) опасных проявлений ЧС;

- создание условий, препятствующих развитию ЧС и обеспечивающих их ликвидацию;
- использование при необходимости дополнительно имеющихся в наличии у собственника средств связи, транспорта, оборудования с последующим урегулированием вопросов, связанных с их использованием, в установленном порядке;
- ограничение или запрещение доступа к зонам ЧС, ограничение или запрещение движения транспорта и пешеходов на прилегающих к ним территориях;
- охрана зон ЧС (в том числе на время расследования обстоятельств и причин их возникновения) до прибытия правоохранительных органов;
- эвакуация из зон ЧС людей и имущества, оказание первой помощи;
- приостановление деятельности организаций, оказавшихся в зонах опасных проявлений ЧС, если существует угроза причинения вреда жизни и здоровью работников данных организаций и иных граждан, находящихся на их территориях» [19].

Проведем описание требований к АСР при пожаре.

Пожары выделяют среди всех видов ЧС, поскольку они представляют собой особый и, к сожалению, часто встречающийся вид чрезвычайных ситуаций, характеризующийся неконтролируемым горением вне специально предназначенного для этого места, приносящим материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, а также окружающей среде [16].

Их опасность обусловлена не только воздействием открытого огня и высокой температуры, но и токсичными продуктами горения, задымлением, обрушением конструкций и паникой, возникающей в условиях быстро развивающейся угрозы. Широкое распространение пожаров связано с множеством факторов, включая неосторожное обращение с огнем,

неисправность электрооборудования, нарушение правил пожарной безопасности в быту и на производстве, а также природные явления, такие как засуха и грозы.

В силу своей высокой вероятности возникновения и разрушительных последствий, пожары требуют постоянного внимания к вопросам профилактики, готовности и эффективного реагирования.

Поиск пострадавших при пожаре – это чрезвычайно сложная задача, сопряженная с множеством факторов, осложняющих работу спасателей.

Высокая температура, плотное задымление, обрушения конструкций и быстрое распространение огня значительно ограничивают видимость и мобильность, создавая опасную среду для спасательных групп [32].

Помимо непосредственной угрозы от огня и дыма, существует риск отравления токсичными продуктами горения, что требует использования специального защитного оборудования и соблюдения строгих мер безопасности. Эффективность поиска также напрямую зависит от скорости реагирования и точности информации о возможном местонахождении людей в зоне пожара, полученной от очевидцев или систем безопасности.

Приведем принципы решающего направления при тушении пожара.

«При определении решающего направления старшему оперативному должностному лицу пожарной охраны, которое управляет на принципах единоначалия участниками боевых действий по тушению пожара, следует исходить из следующих основных условий:

- реальная угроза жизни людей, в том числе участников боевых действий по тушению пожаров на месте пожара, при этом их самостоятельная эвакуация невозможна – силы и средства подразделений пожарной охраны направляются на спасение людей;
- угроза взрыва или обрушения строительных конструкций – силы и средства подразделений пожарной охраны сосредотачиваются и вводятся на направлениях, обеспечивающих предотвращение взрыва или обрушения строительных конструкций;

- охват пожаром части здания (сооружения) и наличие угрозы его распространения на другие части здания (сооружения) или на соседние здания (сооружения) – силы и средства подразделений пожарной охраны сосредоточиваются и вводятся на направлениях, где дальнейшее распространение пожара может привести к наибольшему ущербу;
- охват пожаром отдельно стоящего здания (сооружения) и отсутствие угрозы распространения огня на соседние здания (сооружения) – силы и средства подразделений пожарной охраны сосредоточиваются и вводятся в местах наиболее интенсивного горения;
- охват пожаром здания (сооружения), не представляющего на момент прибытия подразделений пожарной охраны ценности, и наличие угрозы перехода пожара на соседние здания (сооружения) – силы и средства подразделений пожарной охраны сосредоточиваются и вводятся на защиту соседних, не горящих, зданий (сооружений)» [19].

Аварийно-спасательные работы при пожаре имеют ряд специфических особенностей, обусловленных экстремальными условиями: высокой температурой, задымленностью, возможностью обрушения конструкций, наличием опасных веществ и угрозой взрывов. Эти факторы требуют от спасателей не только специальной подготовки и оснащения.

Особенности АСР при пожаре также включают необходимость применения специальных средств защиты органов дыхания и зрения, теплоотражающих костюмов, инструментов для вскрытия заблокированных дверей и эвакуации пострадавших. При планировании и проведении работ необходимо учитывать особенности здания, характер распространения огня и наличие потенциальных опасностей, таких как газовые баллоны или электрические сети. Важным аспектом является организация связи и взаимодействия между различными подразделениями, участвующими в ликвидации пожара и проведении спасательных работ.

Проведем описание (зарубежный опыт, АРИСП США) практического опыта проведения АСР в США.

«Порядок действий команды немедленного реагирования в случае получения сигнала о пострадавшем при тушении включает в себя:

- обнаружение пострадавшего,
- оценку состояния пострадавшего и условия развития пожара в месте его обнаружения,
- подключение пострадавшего к спасательному устройству,
- вызов дополнительных сил и средств в случае необходимости,
- транспортировка пострадавшего в безопасную зону» [1].

«АСР в зонах ЧС проводятся одновременно с другими неотложными работами в соответствии с технологиями проведения указанных работ. АСР и другие неотложные работы в зонах ЧС начинаются с момента прибытия подразделения в зону ЧС и проводятся круглосуточно, в две-три смены. Нарращивание группировки сил и средств на месте ЧС осуществляется за счет прибывающих сил и средств территориальной и функциональной подсистем РСЧС» [19].

АСР и другие неотложные работы в зоне ЧС по продолжительности и видам выполняемых работ делятся на два этапа.

Первый и второй этапы проведения аварийно-спасательных работ отличаются, прежде всего, тем что первый этап является первоочередным.

Второй этап АСР наступает после того, как острая фаза кризиса миновала.

На первом этапе проводятся АСР и другие неотложные работы, направленные на поиск и спасение пострадавших из опасных зон.

В условиях ограниченной видимости и высокой температуры необходимо применение специального оборудования, такого как тепловизоры, дыхательные аппараты, средства защиты от повышенных температур. Особое внимание уделяется соблюдению ОТ и ТБ и постоянному контролю за состоянием окружающей среды.

Эффективность АСР при пожаре напрямую зависит от профессиональной подготовки спасателей, их умения быстро принимать решения в критических ситуациях, а также от наличия необходимого оборудования и слаженности работы всех подразделений, участвующих в ликвидации последствий пожара. Немаловажную роль играет предварительное планирование и моделирование возможных сценариев развития пожара, что позволяет оптимизировать действия спасательных служб и минимизировать потери.

«Основными видами АСР и других неотложных работ в зонах ЧС на первом этапе являются:

- ведение разведки ЧС;
- поиск и извлечение пострадавших из-под завалов;
- оказание первой помощи пострадавшим с последующей медицинской эвакуацией в лечебные учреждения;
- локализация и ликвидация аварий» [19].

На втором этапе проводятся АСР и другие неотложные работы, направленные на обеспечение жизнедеятельности пострадавшего населения.

«Личный состав подразделений пожарной охраны принимает участие в проведении следующих АСР и других неотложных работ:

- определение границ зоны ЧС;
- ввод (вывод) сил и средств в зону (из зоны) ЧС;
- поиск пострадавших в зоне ЧС;
- деблокирование, извлечение, спасение пострадавших из аварийной среды;
- защита пострадавших от поражающих факторов источников ЧС;
- оказание пострадавшим первой помощи;
- локализация, ликвидация или снижение до минимально возможного уровня поражающих факторов источников ЧС;

- локализация, ликвидация или минимизация факторов источников ЧС;
- обеспечение жизнедеятельности сил ликвидации ЧС;
- эвакуация населения из зоны ЧС и его возвращение в места постоянного проживания;
- устройство и возведение временных сооружений для защиты территорий и организаций, их разборка и демонтаж;
- устройство временных сооружений для отвода водных, селевых, оползневых и других масс, разборка и демонтаж этих сооружений;
- устройство временных переправ, проездов и проходов, подготовка путей экстренной эвакуации;
- восстановление по временной схеме объектов транспортной, коммунальной и инженерной инфраструктуры, промышленности, связи и сельского хозяйства;
- подготовка организаций к восстановительным работам (откачка воды, просушка помещений первых надземных, цокольных и подвальных этажей, обрушение и временное укрепление аварийных конструкций зданий и сооружений, вывоз мусора);
- первоочередные восстановительные работы на объектах жилищного фонда и социально значимых объектах образования, здравоохранения и социальной поддержки населения;
- санитарная очистка (обработка) территорий населенных пунктов, находящихся в зоне ЧС» [19].

Профессионализм и квалификация пожарных и спасателей – это главный критерий в работе по спасению и поиску пострадавших при пожарах и ЧС. Это совокупность норм и правил теоретической базы проведения аварийно-спасательных работ, а также практических навыков, необходимых для проведения.

«Привлечение подразделения пожарной охраны к АСР, проводимым на месте обнаружения взрывоопасных предметов и направленным на доведение до минимально возможного уровня воздействия взрывоопасных предметов, осуществляется только при наличии у подразделения необходимой лицензии» [19].

При проведении аварийно-спасательных работ задействуются разнообразные силы и средства, выбор которых определяется характером и масштабом чрезвычайной ситуации.

К основным силам относятся профессиональные спасательные формирования МЧС России, пожарно-спасательные подразделения, специализированные отряды, а также формирования гражданской обороны.

Эффективное применение сил и средств требует четкой организации, координации и управления, а также наличия обученного персонала, способного оперативно и безопасно выполнять поставленные задачи [42].

Типовые аварийно-спасательные технологии охватывают широкий спектр методов и процедур, применяемых для поиска, спасения и оказания помощи людям, попавшим в чрезвычайные ситуации. Эти технологии включают в себя как простые, проверенные временем подходы, так и современные, высокотехнологичные решения.

К распространенным типовым технологиям можно отнести поисково-спасательные работы в завалах с использованием кинематических расчетов и специального оборудования, деблокирование пострадавших из транспортных средств с применением гидравлического инструмента, эвакуацию из зон затопления с использованием плавсредств, а также оказание первой доврачебной помощи. Важным аспектом является подготовка и обучение спасателей, а также наличие четких протоколов и инструкций для каждой типовой ситуации, что позволяет эффективно и безопасно проводить спасательные операции [37].

Согласно законодательству РФ, а также практическому опыту практики ведения АСР в нашей стране, типовые аварийно-спасательные средства при АСР:

- индивидуальные средства защиты органов дыхания – СИЗОД;
- средства защиты кожных покровов, включая огнестойкие костюмы и перчатки, позволяющие работать в условиях высоких температур и открытого огня;
- гидравлические разжимы и кусачки для деблокирования пострадавших из поврежденных автомобилей или завалов;
- бензорезы и электроинструмент для вскрытия конструкций;
- спасательные веревки;
- лестницы и носилки для эвакуации людей из труднодоступных мест;
- средства связи и освещения, такие как радиостанции и переносные прожекторы, обеспечивающие координацию действий и возможность работы в условиях ограниченной видимости;
- средства поиска и спасения (например, тепловизоры, поисковые собаки, альпинистское снаряжение) [39];
- средства разбора завалов и деблокирования пострадавших (гидравлические инструменты, бензорезы, пневматические подушки);
- средства оказания первой помощи (носилки, медицинские укладки, дефибрилляторы);
- средства жизнеобеспечения (палатки, полевые кухни, системы очистки воды);
- средства связи и освещения (радиостанции, прожекторы, сигнальные устройства);
- спасательные лодки;
- водолазное снаряжение;

- средства индивидуальной защиты от химических и радиоактивных веществ;
- оборудование для проведения работ на высоте;
- автомобили высокой проходимости, вертолеты и специализированная инженерная техника (экскаваторы, бульдозеры), позволяющая оперативно доставлять спасателей и оборудование к месту происшествия и проводить необходимые работы.

Далее для сравнения приведем типовые аварийно-спасательные средства при АРИСП США.

«Команда немедленного реагирования должна иметь свое собственное снаряжение, которое, кроме обычных пожарных багров, пил и лома, может включать:

- инструменты для деблокирования двери;
- запасные дыхательные аппараты с маской и аварийный баллон со сжатым воздухом;
- огнетушители;
- тепловизоры;
- спасательные веревки;
- индивидуальные веревки;
- блоки и карабины;
- гидравлические инструменты;
- лестницы различных размеров;
- спасательные носилки;
- наполненную водой магистральную линию» [1].

Также в США активно используют специализированные авиационные комплексы с тепловизорами и поисковыми радары, роботизированные комплексы для работы в опасных зонах, а также высокотехнологичное оборудование для медицинской помощи и эвакуации пострадавших [39].

«Персональное снаряжение пожарного может включать:

- комплект защитной одежды, в том числе боевую одежду, пожарные рукавицы и перчатки, балаклаву, шлем и сапоги;
- маску, подогнанную индивидуально, и баллоны с кислородом;
- гибкую дыхательную трубку диаметром 2,5 см и 90 см длиной;
- пояс, 7,5-метровый трубчатый или плоский строп шириной 30 см;
- среднего размера ножницы для разрезания металлической арматуры;
- два ручных фонарика;
- два карабина;
- 9-15-метровую индивидуальную веревку в чехле;
- поисковую веревку – веревку для обследования помещения;
- «хулиган», топор, багор;
- два дверных клина» [1].

Типовое аварийно-спасательное оборудование:

- пожарные ломы, лопаты, топоры, ножницы, электрический резательный инструмент, ГАСИ (для резки металла и арматуры), комплекты для резки проводов (диэлектрические ножницы, перчатки, рукавицы, боты, коврик, заземление);
- лестницы (ручные, автолестницы);
- экипировка спасателей [35];
- средства обнаружения пострадавших;
- средства связи;
- средства жизнеобеспечения.

Различия в средствах и технике АСР между США и Россией обусловлены рядом факторов, включая географические особенности, уровень экономического развития, приоритеты в области безопасности и исторически сложившиеся подходы к организации аварийно-спасательных служб [38].

В США, благодаря развитой экономике и технологическому прогрессу, широко используются передовые средства АСР, такие как

специализированные авиационные комплексы с тепловизорами и поисковыми радаром, роботизированные комплексы для работы в опасных зонах, а также высокотехнологичное оборудование для медицинской помощи и эвакуации пострадавших. Акцент делается на быстром реагировании и эффективности, часто с привлечением частных компаний и волонтерских организаций с современной техникой. Финансирование АСР зачастую основывается на страховых выплатах и грантах, в отличие от нашей страны.

В России, из-за огромной территории и разнообразия климатических зон, акцент делается на универсальности и надежности техники, способной работать в экстремальных условиях. Широко используется техника нашего отечественного производства, адаптированная к сложным условиям эксплуатации, такая как вездеходы, амфибии и специализированная инженерная техника. Особенностью является большая роль государственных структур, в частности МЧС, в организации и проведении АСР [40].

В приоритете – обеспечение безопасности населения в отдаленных и труднодоступных районах. Финансирование АСР, в основном, осуществляется из государственного бюджета.

В то время как в США наблюдается тенденция к автоматизации и роботизации спасательных операций, в России сохраняется значительная роль физического труда и опыта спасателей. Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки, и выбор оптимальной стратегии зависит от конкретных условий и задач [41].

Итак, подведя итог описания нормативных требований к АСР, конкретизируем некоторые особенности.

Поиск пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах основан на выполнении следующих действий:

- оперативном прибытии к месту подразделений ПО, АСФ, скорой медицинской помощи, кинологической службы;

- обеспечении безопасности и выполнении правил техники безопасности личным составом, участвующим в АСР (с учетом выполнения принципа оправданного риска);
- целесообразный выбор решающего направления;
- слаженность действий личного состава АСФ;
- грамотно проведенная разведка пожара или ЧС методом опроса очевидцев, изучения документации объекта, визуального осмотра;
- максимальном техническом оснащении АСФ (лестницы, карабины, пояса) [2];
- применении специальных приборов поиска (регистрация проявлений, таких как дыхание, сердцебиение, движение, электромагнитное излучение) [41].

По теме магистерской диссертации было осуществлено описание и анализ следующих источников:

- основные понятия сферы пожарной безопасности, виды пожарной охраны, основы законодательства о деятельности органов ПО [10];
- способы аварийной разведки при пожарах в США [1];
- способы персонального поиска людей при пожарах, особенности спасения людей из труднодоступных мест [2];
- организацию пожарной безопасности в зданиях и сооружениях [3];
- специфическая модель и алгоритм поиска людей при пожаре, которая заключается в расчете сил и средств по тушению пожаров, а также применении способов спасения (карабины, пояса, СИЗОД) [4];
- основные проблемы при обеспечении пожарной безопасности, к которым относят недостаточное финансирование объектов в области обеспечения безопасности, а также несоответствие требований правил ПБ при готовых типовых проектах и построенных зданий [5], [6];

- основы организации тушения пожаров, модель управления при тушении пожара и поиске людей.

1.2 Перспективные технологии и методы поиска и спасения людей

Рассмотрим научные источники в области поиска и спасения людей. Опишем систему персонального поиска людей при пожарах и чрезвычайных ситуациях, это статистическая модель ITU-R P.1238, которая представляет собой мощный инструмент для оценки характеристик распространения радиоволн внутри зданий.

Статистическая модель ITU-R P.1238 разработана Международным союзом электросвязи, она предназначена для контроля оценки потерь при распространении радиосигналов внутри зданий.

Применительно к поиску пострадавших, программа на основе модели ITU-R P.1238 может быть использована для прогнозирования зоны покрытия сигналов поисковых маяков или других устройств, используемых для обнаружения людей под завалами или в разрушенных зданиях.

Оценка распространения радиоволн позволяет определить оптимальное размещение поискового оборудования и повысить шансы на успешное обнаружение пострадавших в условиях сложного распространения радиосигнала. Применение модели помогает более эффективно спланировать поисково-спасательные операции, минимизируя время, затраченное на поиск, и увеличивая вероятность спасения жизней.

Выход модели – это предсказанное затухание сигнала в децибелах, которое можно использовать для расчета зоны покрытия и планирования мощности передатчиков.

Модель учитывает такие параметры как частота сигнала, расстояние между передатчиком и приемником, а также характеристики материалов стен и перекрытий, что позволяет адаптировать систему поиска к конкретным условиям чрезвычайной ситуации.

Используя эту модель в сочетании с информацией о месте и порядке расстановки роутеров, возможно оптимизировать покрытие Wi-Fi и обеспечить надежное соединение для пользователей внутри здания.

Тщательный анализ результатов моделирования ITU-R P.1238 позволяет выявить зоны слабого сигнала и определить оптимальное расположение роутеров для минимизации потерь и увеличения пропускной способности сети. Таким образом, интеграция этой модели с данными о размещении оборудования является ключевым этапом в процессе проектирования и развертывания беспроводных сетей внутри зданий [3], [20].

Обязательное условие функционирования системы поиска людей в зданиях является применение двухстороннего радиоканала (на основе беспроводной сети Wi-Fi), что позволяет определить точное местонахождение человека по координатам с высокой точностью. Мобильное устройство абонента может выступать «маркером» выбора правильного пути эвакуации. В этом случае при движении в правильном направлении мобильное устройство будет вибрировать равномерно, а при движении в неправильном направлении – вибрировать с изменяющейся частотой [3].

Рассмотрим диаграмму Вороного для определения оптимального пути для спасателей [33]. Это структурированный подход, который позволяет учитывать различные факторы, влияющие на эффективность поисково-спасательной операции.

В этой модели завалы и участки местности рассматриваются как вершины графа, а пути между ними – как ребра, которым присваиваются веса, отражающие затраты ресурсов (времени, расстояния, опасности) на перемещение.

Поиск оптимального пути, минимизирующего общие затраты на обследование, можно эффективно решить с использованием комбинации метода ветвей и границ и венгерского метода. Метод ветвей и границ позволяет последовательно исследовать пространство возможных решений, отсекая ветви, которые заведомо не приведут к оптимальному результату,

тем самым сокращая вычислительную сложность. Венгерский метод, в свою очередь, может быть применен для оптимизации назначения спасателей на конкретные участки завалов, обеспечивая наиболее эффективное распределение ресурсов и минимизацию общего времени обследования.

Совместное использование этих методов позволяет построить гибкую и эффективную систему планирования поисково-спасательных операций, учитывающую специфику конкретной ситуации и обеспечивающую максимально быстрое и безопасное обнаружение пострадавших.

«Использование эффективных современных технологий поиска пострадавших под завалами определяет особенности применения сил и средств, участвующих в поисково-спасательных работах. Выбор способа обследования завала зависит от таких основных факторов, как окружающая среда, структура завала, состояния пострадавших. На основе проведенного системного анализа процесса поиска и обнаружения пострадавших под завалами разработана модель для определения способов поиска и обнаружения пострадавших под завалами» [33].

«С целью оптимизации поиска пострадавших звуковые сигналы могут подавать сами спасатели – постоянно, с небольшим промежутком времени для прослушивания возможных ответов. Для получения звуковой информации необходимо одновременно периодически прекращать все виды работ на несколько минут. В это время все должны внимательно слушать звуковую информацию, определять место и направление ее подачи, приступать к поиску пострадавших. Важное значение для оперативного проведения поисково-спасательных работ имеет правильное определение по звуковому сигналу места нахождения пострадавших. С целью исключения ошибок необходимо повторно, а в некоторых случаях и многократно, получать звуковую информацию от пострадавших. В процессе проведения работы эта информация должна постоянно уточняться» [33].

Далее представим описание беспилотного летательного аппарата для поисковых и спасательных операций (БПЛА вертолётного типа, DJI Phantom

4 Pro+, производство SZ DJI Technology Co., Ltd. — китайская технологическая компания, производитель беспилотных летательных аппаратов (дронов) DJI).

Технические характеристики:

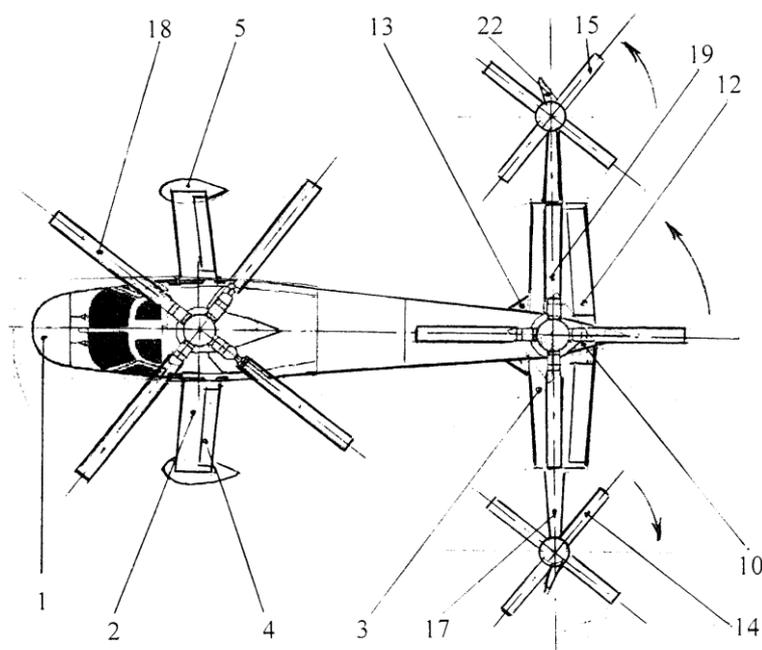
- точность определения координат точек 3–5 см;
- площадь съёмки за один вылет: 30–50 га;
- удаление от оператора до 7 км;
- скорость ветра до 10 м/с;
- диапазон рабочих температур от 0 °С до +40 °С;
- диагональ не превышает 35 см, а высота – 21,3 см;
- камера 1-дюймовая матрица с разрешением 20 Мп, способная снимать видео в качестве 4К с частотой 60 кадров/с и серии фото с частотой 14 кадров/с;
- система FlightAutonomy дополнена двойными оптическими сенсорами в задней части аппарата и двумя инфракрасными датчиками, что позволяет дрону обнаруживать препятствия в 5 направлениях и избегать столкновений;
- БПЛА вертолетного типа;
- оснащение 1-дюймовой матрицей с разрешением 20 Мп;
- качество видео 4К с частотой 60 кадров/с;
- частота серии фото 14 кадров/с;
- интегрированный экран на пульте управления, позволяет оперативно контролировать полёт и видеосъёмку без необходимости подключения внешнего устройства;
- система управления и навигации обеспечивает плавный и безопасный полёт: дрон автоматически избегает препятствия и удерживает стабильную позицию в воздухе;
- портативность и лёгкость в использовании. Квадрокоптер легко складывается для транспортировки и хранения;

- максимальное время полёта 30 минут;
- ёмкость батареи 5870 мАч;
- максимальная взлётная масса 1375 г [19].

Это значительно сокращает время поиска, что критически важно для выживания пострадавших.

«Это техническое решение относится к авиационной технике обеспечения поисковых и спасательных работ и может быть использовано для поддержки операций поиска и спасания людей в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера и при ликвидации их последствий» [21].

На рисунке 1 приведена схема БПЛА вертолетного типа DJI Phantom 4 Pro+ [21].



- 1 – фюзеляж; 2 – переднее крыло; 3 – заднее крыло; 4 – закрылки; 5 – обтекатели; 6 – шасси; 7 – законцовки; 8 – оперение; 9 – руль направления; 10 – хвостовая балка; 11 – заднее колесов; 12 – закрылки; 13 – наплыв; 14 – редукторы; 15 – обтекатели; 16,17 – задние крылья

Рисунок 1 – Схема БПЛА вертолетного типа DJI Phantom 4 Pro+ [21]

Использование рассматриваемого БПЛА [21] позволяет спасателям избежать риска, связанного с проникновением в опасные зоны, такие как обрушившиеся здания, зоны оползней или лесные пожары. Кроме того, благодаря своим небольшим размерам и маневренности, дроны могут проникать в узкие пространства и осматривать места, недоступные для наземных команд или пилотируемых летательных аппаратов. Собранные данные передаются в режиме реального времени, позволяя спасателям эффективно планировать операцию и направлять ресурсы туда, где они наиболее необходимы [21].

«В зависимости от характера чрезвычайной ситуации природного и техногенного характера и условий проведения поисковых и спасательных операций беспилотный летательный аппарат комплектуют модулями полезной нагрузки для многоканального мониторинга местности (видеокамера высокого разрешения, инфракрасная камера ночного видения, неохлаждаемая тепловизионная камера, аудиорегистратор направленного действия, сканирующий лидар, модуль обнаружения сигнала сотового телефона, модуль обнаружения пассивного радиочастотного маячка, модуль обнаружения активного лавинного биппера, подповерхностный радиолокатор или биорадиолокатор)» [21].

Развитие технологий искусственного интеллекта также способствует повышению эффективности использования этого БПЛА в поисково-спасательных операциях.

«Задача поиска человека в ЧС заключается в определении (регистрации) количественных и качественных характеристик различного рода полей, создаваемых им в окружающем пространстве. Для этого необходимо использовать весь комплекс методов, применяемых для дистанционного зондирования живых биологических объектов в зоне ЧС. При этом используются как пассивные (по собственным излучениям), так и активные (по отражению или поглощению излучений внешних по отношению к биообъекту источников зондирования)» [24].

Использование этого БПЛА в поисково-спасательных операциях подразумевает наличие программного обеспечения, которое позволяет распознавать человеческие фигуры, следы, дым или другие признаки присутствия людей в сложных условиях. Следовательно, такое ПО помогает автоматизировать процесс поиска и снизить нагрузку на операторов, повышая вероятность успешного обнаружения пострадавших.

«Управление полетом беспилотного летательного аппарата, функционированием модулей полезной нагрузки, реализация заранее заданных программ полета осуществляется с помощью микропроцессора. Провода, обеспечивающие подключение модулей полезной нагрузки к микропроцессору, как правило, размещают внутри корпуса беспилотного летательного аппарата, который, предпочтительно, выполнен из полых (пустотелых) комплектующих» [21].

Преимущества рассматриваемого БПЛА:

- быстрый охват территории за счет модуля полезной нагрузки, можно оперативно обследовать большие площади, недоступные для наземных групп;
- работа в сложных условиях (благодаря имеющемуся микропроцессору), как правило, размещают внутри корпуса беспилотного летательного аппарата, можно летать в условиях плохой видимости, ночью, в опасных зонах;
- своевременная передача информации в реальном времени, благодаря оснащенным камерам и сенсорам, которые позволяют передать видео и данные о местонахождении пострадавших;
- снижение рисков для спасателей, можно обследовать опасные участки без угрозы для жизни спасателей.

«Для обеспечения возможности получения изображений местности в области видимого диапазона излучения используют сигнал с выхода видеокамеры высокого разрешения. Для обеспечения возможности получения изображений местности в области ближнего инфракрасного

диапазона излучения используют сигнал с выхода инфракрасной камеры ночного видения» [21].

«Для обеспечения возможности получения изображений местности в области дальнего инфракрасного диапазона излучения используют сигнал с выхода неохлаждаемой тепловизионной камеры. Для обеспечения возможности локализации звуковых сигналов используют сигнал с выхода аудиорегистратора направленного действия. Для повышения качества ориентирования в пространстве используют сигнал с выхода сканирующего лидара. Для повышения вероятности обнаружения людей на открытых пространствах используют сигнал с выхода модуля обнаружения сигнала сотового телефона. Для повышения вероятности обнаружения людей под слоем снега используют сигнал с выхода модуля обнаружения пассивного радиочастотного маячка. Для повышения вероятности обнаружения людей под слоем снега используют сигнал с выхода модуля обнаружения активного лавинного биппера. Для повышения вероятности обнаружения людей под завалами используют сигнал с выхода подповерхностного радиолокатора» [21].

Для того, чтобы повысить эффективность предлагаемого метода, также используют биорадиолокатор.

«В состоянии готовности к применению беспилотный летательный аппарат оборудован необходимыми модульными системами полезной нагрузки для многоканального мониторинга местности: аккумуляторы летательного аппарата и модульных систем для многоканального мониторинга местности заряжены до максимального уровня. По поступлении вызова (сигнала о необходимости проведения поисковой и спасательной операции), беспилотный летательный аппарат оперативно направляют в регион проведения поисковой и спасательной, которое может быть задано географическими координатами в модуле управления беспилотного летательного аппарата или по командам оператора, подаваемыми по радиоканалу. По прибытии в регион проведения поисковой и спасательной

операции беспилотный летательный аппарат начинает осуществлять непрерывный многоканальный мониторинг местности (в пределах заданного региона) на предмет установления местоположения объекта поиска и спасения (человека) и детекции признаков жизни при непрерывной передаче данных мониторинга с привязкой к пространственным координатам по радиоканалу» [21].

«В случае обнаружения людей или детекции признаков жизни мониторинга беспилотный летательный аппарат для поисковых и спасательных операций осуществляет передачу данных многоканального мониторинга с привязкой по пространственным координатам с соответствующей сигнальной меткой по радиоканалу. Таким образом, описанные элементы заявляемого беспилотного летательного аппарата для поисковых и спасательных операций функционально взаимосвязаны и находятся в конструктивном единстве, а совокупность его существенных признаков неизвестна из уровня техники» [21].

Рассматриваемый БПЛА [21] представляет собой новое техническое решение, относящееся к авиационной технике обеспечения поисковых и спасательных работ, и может быть использован для поддержки операций поиска и спасании людей в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера и при ликвидации их последствий.

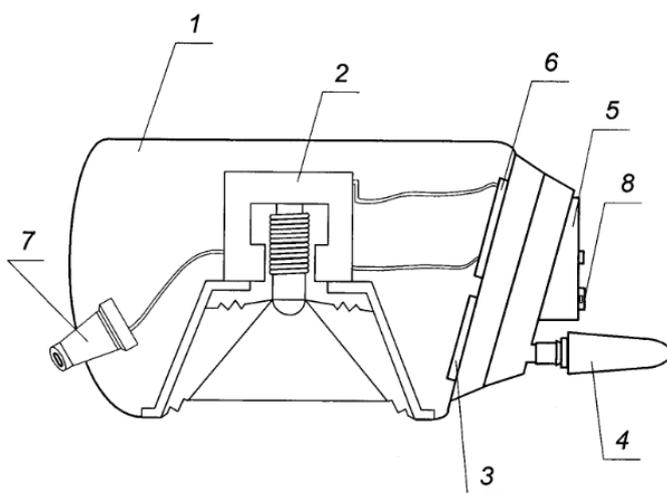
Рассматриваемый беспилотный летательный аппарат для поисковых и спасательных операций является промышленно применимым, поскольку может быть реализован предприятиями (организациями) радиоэлектронной и оборонной промышленности.

Достоинства применения БПЛА:

- быстрый охват больших территорий, рассматриваемый БПЛА способен за короткий срок обследовать участки, на которые у поисковых групп ушли бы часы или даже дни;

- «доступность» труднодоступных мест, болотистая местность, горные массивы, разрушенные здания – БПЛА может проникнуть туда, где работа спасателей затруднена или невозможна;
- улучшение ситуационной осведомленности, то есть передаваемое в режиме реального времени видео с дрона позволяет оперативно оценивать обстановку и координировать действия спасателей;
- снижение риска для спасателей, где использование БПЛА позволяет избежать ситуаций, когда спасатели рискуют жизнью, пробираясь через опасные зоны;
- обнаружение признаков жизни, невидимых невооруженным глазом, наличие тепловизора способно обнаруживать тепловое излучение тела, что критически важно в ночное время или при плохой видимости.

Далее устройство информационной поддержки поиска пострадавших, представленное на рисунке 2.



«1 – корпус, выполненный с возможностью механического закрепления на БПЛА, 2 – звуковой динамик, 3 – GSM-модуль; 4 – антенна, 5 – блок записи сообщений; 6 – микроконтроллер, 7 – видекамера, 8 – блок коммуникации» [22]

Рисунок 2 – Устройство информационной поддержки поиска пострадавших [22]

Достоинства этого решения очевидны, рассмотрим рамки применимости в сфере поиска пострадавших.

Это устройство относится к средствам поиска и мониторинга местоположения пострадавших, а также их оповещения. Оно является дополнительным программным обеспечением для подключения к БПЛА (предыдущее устройство). Таким образом при обосновании и наличии положительных результатов исследования можно использовать эти два средства с единой целью.

Это устройство относится к средствам поиска и мониторинга местоположения пострадавших, а также их оповещения. Оно является дополнительным программным обеспечением для подключения к БПЛА (предыдущее устройство). Таким образом при обосновании и наличии положительных результатов исследования можно использовать эти два средства с единой целью.

«Устройство предназначено для совместного использования с беспилотным летательным аппаратом. Устройство информационной поддержки поиска пострадавших в природной среде, содержащее корпус, выполненный с возможностью механического закрепления на беспилотном летательном аппарате, в котором установлены звуковой динамик, блок записи сообщений, видеокамера, блок коммуникации, содержит GSM-модуль с антенной, соединенный с микроконтроллером, к которому подключены звуковой динамик, блок записи сообщений и видеокамера, при этом GSM-модуль и микроконтроллер соединены с блоком коммуникации. Технический результат заключается в расширении функциональных возможностей» [22].

В условиях чрезвычайных ситуаций, когда счет идет на минуты, критически важным становится наличие эффективного средства поиска и мониторинга местоположения пострадавших.

Такая система позволяет оперативно определять координаты людей, оказавшихся в зоне бедствия, отслеживать их перемещения (если это

возможно) и направлять пожарно-спасательные подразделения в наиболее нуждающиеся точки.

Параллельно с поиском, система должна обеспечивать возможность оповещения пострадавших о доступных путях эвакуации, местах сбора, а также предоставлять важную информацию о текущем развитии ситуации и необходимых мерах предосторожности. Использование современной представленной технологии значительно может повысить шансы на спасение людей и минимизирует последствия катастроф.

«С помощью коммутационных разъемов блока коммуникации 8 устройство информационной поддержки поиска пострадавших в природной среде подключают к бортовому вычислительному блоку и блоку питания БПЛА, затем механически закрепляют корпус устройства на корпусе БПЛА» [22].

Такая система позволит оперативно отслеживать перемещения людей, оказавшихся в зоне бедствия, определять их текущее местоположение с высокой точностью и получать информацию о состоянии их здоровья, если это возможно. Это значительно ускоряет процесс поиска и спасения, позволяя спасателям направлять усилия туда, где они наиболее необходимы.

«При облете заданной территории микроконтроллер запускает программу передачи речевых сообщений и видеосъемки территории» [22].

Выбор конкретной технологии зависит от множества факторов, таких как доступность инфраструктуры связи в зоне бедствия, энергоэффективность устройств и точность определения местоположения. Но важным аспектом выбора именно этой модели является обеспечение конфиденциальности и защиты данных, собранных о пострадавших, а также получение их согласия на мониторинг, если это возможно.

«Звуковой динамик 2 воспроизводит сообщение, записанное предварительно или непосредственно перед запуском БПЛА через блок записи сообщений 5, одновременно с этим производя видеосъемку места чрезвычайной ситуации с помощью видеокамеры 7 и передачу полученного

изображения на наземную станцию слежения посредством модуля беспроводной связи, являющегося частью бортового вычислительного блока БПЛА. Оператор проводит мониторинг территории, путем просмотра видеоматериала, заснятого видеокамерой 7. После обнаружения пострадавшего, БПЛА зависает над ним и микроконтроллер 6 запускает специальную программу, которая позволяет руководителю поисково-спасательной операции с помощью GSM-модуля 3 через звуковой динамик 2 передавать пострадавшему ряд инструкций и рекомендаций, что ему необходимо сделать до прибытия помощи. Оператор может получить актуальную информацию от пострадавшего, в виде жестов (движений) пострадавшего в ответ на вопросы оператора. Таким образом, обеспечивается постоянная обратная связь с оператором, что позволяет в режиме реального времени корректировать поисково-спасательную операцию» [22].

Отличие такого технического устройства от устройств-прототипов заключается в возможности передачи только записанного ранее голосового сообщения и отсутствие возможности оперативно корректировать передаваемую информацию.

Таким образом, подразумевая совместную работу двух технических устройств: беспилотного летательного аппарата для поисковых и спасательных операций и устройства информационной поддержки поиска пострадавших в природной среде, мы получаем средство мониторинга местоположения пострадавших. Оно предполагает уже наличие интегрированной платформы, объединяющей данные от различных источников, визуализирующей их на карте в режиме реального времени и обеспечивающей инструменты для координации спасательных операций.

Эта платформа должна быть (и может безусловно) доступна для спасателей, медиков и других служб, участвующих в ликвидации последствий ЧС. Кроме того, предусмотрена система оповещения пострадавших о надвигающейся опасности.

В долгосрочной перспективе, использование усовершенствованного средства мониторинга местоположения пострадавших способствует улучшению планирования мероприятий по гражданской обороне и разработке более эффективных стратегий реагирования на чрезвычайные ситуации.

Кинолог с обученной собакой в режиме двух часов (среднее время работы одной собаки) может установить местонахождение пострадавших методом высокой чувствительности органов обоняния собаки.

«Наиболее рациональная организация кинологического поиска предполагает три основных периода работы расчетов:

- в ходе разведки зоны разрушений до начала основных спасательных работ;
- в ходе спасательных работ с целью уточнения и корректировки спасательных операций;
- по завершению спасательных работ для контроля их результата» [31].

«При одиночном поиске для обнаружения пострадавших используется один расчет. Однако такой способ является достаточно ненадежным приемом, так как собака может быть травмирована или ей потребуются отдых после работы в задымленном или загазованном помещении. Все это может затянуть поиск или вообще не дать результата. В связи с этим ведение поисковых работ с применением специально обученных собак должно осуществляться групповым или последовательным образом, так при групповом варианте поиска в завалах на территорию завала должны выпускаться все имеющиеся расчеты, которые, разбив завал на отдельные участки, постепенно обследуют весь объем завала. Такой подход целесообразен при большом количестве кинологических расчетов, относительно малых объемах завалов (один-два здания) и сжатых сроках поиска» [31].

«С этой целью весь личный состав поисковых подразделений разбивается на группы по 3-5 расчетов в каждой. Поиск ведется по скользящему графику, согласно которому расчеты сменяют друг друга примерно через 40-45 мин, при этом постоянно в работе находятся 2-3 расчета, а 1-2 вожатых отдыхают» [31].

«Расчет сил и средств должен производиться исходя из следующих основных показателей производительности расчетов ПСС:

- время обнаружения пострадавшего на территории завала 100x100 м при высоте завала 3-5 м – не более 30 мин;
- время непрерывной работы расчета – не более 45 мин;
- продолжительность рабочей смены – не более 12 ч» [31].

Поиск пострадавших с использованием специальных приборов поиска.

«Принципиальная возможность обнаружения и идентификации человека в завале с помощью технических средств основана на регистрации приборами характерных для жизнедеятельности человека проявлений, таких как дыхание, сердцебиение, движение, электромагнитное излучение. Перечисленные факторы легли в основу создания приборов поиска нескольких типов, различающихся по способу фиксирования человека акустические, оптические, радиоволновые, регистрирующие продукты метаболизма» [31].

«К акустическим приборам поиска пострадавших относятся акустические системы Пеленг-1 и Пеленг-3, предназначенные для автоматического поиска пострадавших в завала» [31].

«В свою очередь изменение магнитного поля внешней среды вызывается влиянием тела пострадавшего. К приборам индукционного обнаружения относится «Магнус». Он предназначен для определения местонахождения пострадавшего под однородным по составу слоем грунта, грязевого слоя селевого потока, в пресной воде, под снегом, в завалах деревянных, кирпичных и других разрушенных строений» [31].

«Технические характеристики этого прибора следующие:

- глубина обнаружения – не менее 3 м;
- время работы от автономных источников питания – свыше 8 ч;
- внешний диаметр поисковой рамки – 0,6 м;
- масса переносного блока – 2,5 кг;
- габариты приемного блока – 180×200×180 мм» [31].

Тепловые приборы основаны на улавливании теплового излучения, распространяющегося от тела пострадавшего.

«К приборам, основанным на улавливании собственного теплового излучения пострадавшего, относится поисковый прибор аварийно-спасательных служб «Спасатель». «Спасатель» используется для поиска открыто расположенных пострадавших, визуальный поиск которых затруднен ввиду слабой освещенности или задымления» [31].

Его технические характеристики:

- дальность обнаружения слабо нагретого объекта – не менее 80 м;
- поле зрения – 15 градусов;
- масса прибора – около 2 кг» [31].

«Получение информации осуществляется либо непосредственно через головные телефоны по субъективным ощущениям оператора либо с помощью индикаторов, регистрирующих максимальное звучание в точках измерений. Необходимо отметить, что акустическим приборам поиска присущи определенные ограничения по применению. Большое влияние на точность измерений и соответственно на результат поиска оказывают шумы, создаваемые работающими механизмами и оборудованием, перемещающимися по завалу спасателями, осыпанием грунта, капанием воды. Эти факторы должны быть учтены как при производстве поисковых работ, так и при подготовке операторов. Кроме того, эффективное применение акустических приборов поиска возможно только тогда, когда пострадавший в состоянии заявить о своем существовании криком, стоном, стуком. Если же пострадавший находится в бессознательном состоянии,

использование поиска в акустическом диагнозе вряд ли даст результаты. Необходимо использовать другие приборы поиска, например, индукционные или тепловые. Поиск пострадавших по свидетельствам очевидцев. Поиск пострадавших в условиях разрушения зданий по свидетельствам очевидцев представляет собой комплекс мероприятий и действий, проводимых личным составом поисково-спасательных подразделений и органов управления ликвидацией последствий чрезвычайной ситуации. Он заключается в опросе лиц, способных дать информацию о местонахождении пострадавших, которых они сами видели» [31].

«Таковыми лицами могут быть:

- спасенные (деблокированные) пострадавшие,
- жильцы дома;
- работники предприятий, оказавшиеся вне зданий;
- представители администрации предприятия, работники, учителя и воспитатели школьных и детских учреждений, а также другие лица, имеющие письменную и устную информацию о местах скопления людей в момент разрушения зданий;
- очевидцы (свидетели) – случайные прохожие и дети, оказавшиеся рядом с разрушенным зданием;
- личный состав подразделений, выполняющих АСДНР» [31].

«В ходе опроса очевидцев выясняются следующие данные:

- количество и места нахождения пострадавших, кратчайшие и наиболее безопасные пути (маршруты) доступа к ним;
- состояние пострадавших и требующаяся им помощь;
- условия обстановки в местах расположения пострадавших и наличие опасности воздействия на них вторичных поражающих факторов» [31].

«Представители подразделений должны работать:

- в местах (на объектах) ведения поисково-спасательных работ;
- в пунктах сбора пораженных;
- в медицинских пунктах и в лечебных учреждениях;
- в палаточных городках, в местах временного размещения людей;
- в пунктах посадки, эвакуируемых на транспорт» [31].

«В случаях, когда в зону ответственности такого подразделения (группы) входит подвергшееся разрушению здание, командир подразделения (группы), по возможности, должен иметь список его жильцов с указанием их точного адреса (номера подъезда, этажа, квартиры) и места работы (учебы). При проведении спасательных работ в зоне разрушения зданий промышленных предприятий и административных зданий подобные списки, кроме фамилий рабочих и служащих, должны содержать информацию о точном месте работы и времени работы каждого. Списки могут быть получены от должностных лиц или администрации (начальников) цехов и отделов, мастеров, руководителей других штатных подразделений, директоров школ и заведующих детскими учреждениями, других лиц» [31].

В результате поисковой операции командир отряда составляет донесение о ходе проделанной работы, указывая все особенности и данные о количестве и месте нахождения пострадавших.

Выводы по разделу 1

В ходе проделанной работы были исследованы технологии и методы поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах, приведены основы проведения аварийно-спасательных работ, определены перспективные технологии и методы поиска и спасения людей.

Основы проведения аварийно-спасательных работ базируются на теоретических сведениях нормативно-правовой документации, методических рекомендаций проведения АСР и опыта практических тренировок в условиях угрозы ЧС. Здесь важен факт принятия решения о масштабе ЧС, выборе привлекаемых человеческих и технических ресурсов.

Сложность выполнения аварийно-спасательных работ зависит от множества факторов. Характер и масштаб самой ЧС (природная, техногенная, биолого-социальная), время года и суток, географическое положение и климатические условия, наличие пострадавших и их состояние, доступность зоны бедствия – все это оказывает непосредственное влияние на организацию и проведение АСР [14].

Проведение АСР – это особый вид работ, при котором необходимо наличие специальной подготовки, а также наличие технического оснащения и экипировки.

Рассмотрены современные технологии, такие как БПЛА, геолокация и использование мобильных приложений, которые открывают новые горизонты в повышении эффективности этих операций и позволяют быстрее реагировать на возникающие угрозы.

2 Разработка модели и алгоритма поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах

2.1 Анализ способов и методов поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах

К особенностям всех способов и методов поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах, прежде всего, относится основа теоретической базы поисково-спасательной работы. Качественное обучение теоретической базы, а затем и подкрепление практической подготовки – залог успешной работы поисковых групп. Взаимодействие спасателей, а также взаимодействие служб жизнеобеспечения также важный элемент в организации спасательных операций.

«Различные условия, в которых осуществляется поиск пострадавших под завалами, требуют совершенствования процесса поиска и обнаружения пострадавших под завалами, прежде всего разработки моделей поддержки принятия управленческих решений при поиске и обнаружении пострадавших под завалами. Разработка методов поддержки принятия управленческих решений при поиске и обнаружении пострадавших под завалами является одним из важнейших путей снижения времени их обнаружения, поскольку требуется находить оптимальные варианты принятия управленческих решений, распределять имеющиеся в наличии силы и средства при проведении поисковых работ на завалах, когда возникает риск неправильного определения приоритета потребностей» [10].

Поиск пострадавших при чрезвычайных ситуациях требует комплексного подхода, учитывающего тип бедствия, местность и доступные ресурсы.

Среди основных методов выделяют:

- визуальный осмотр, это первичный этап, включающий обследование территории спасателями, добровольцами и

свидетелями, он эффективен при небольших масштабах бедствия и хорошей видимости;

- использование поисковых собак, метод, при котором специально обученные собаки способны обнаруживать людей под завалами, в труднодоступных местах и в условиях плохой видимости [19].;
- применение технических средств, тепловизоры, георадары, акустические приборы позволяют обнаруживать признаки жизни под обломками и в других укрытиях;
- опрос свидетелей, получение информации от очевидцев о возможном местонахождении пострадавших;
- анализ данных, использование карт, схем местности, информации от служб мониторинга для определения наиболее вероятных мест нахождения людей;
- эффективность поиска зависит от оперативности реагирования, координации действий различных служб и доступности необходимого оборудования [1].

Далее, проанализируем особенности поиска пострадавших.

Поиск пострадавших при чрезвычайных ситуациях – сложная задача, требующая учета множества факторов [9]. При землетрясениях приоритет отдается извлечению людей из-под завалов, используя поисковых собак, акустические приборы и тепловизоры. Важна быстрая оценка устойчивости конструкций.

При наводнениях основное внимание уделяется поиску в затопленных районах с использованием лодок, вертолетов и водолазов. Учитывается течение воды, видимость и температура [9].

При пожарах ключевым является поиск в условиях задымления и высокой температуры. Используются тепловизоры и специальные дыхательные аппараты. Важна защита поисковых групп от обрушения конструкций.

В техногенных авариях необходимо учитывать тип опасного вещества (химическое, радиационное) и использовать соответствующие средства защиты. Поиск проводится в зоне поражения с соблюдением мер безопасности.

Эффективность поиска зависит от оперативности реагирования, слаженности работы спасательных служб и использования современных технологий.

Например, при землетрясениях основное внимание уделяется поиску людей под завалами, где используются специализированные команды с собаками и оборудование для детекции тепла и звука. В случае паводков или наводнений акцент смещается на спасение людей из затопленных территорий, что требует применения водной техники и подготовленных водолазов.

Кроме того, время реакции имеет критическое значение: чем быстрее спасатели начинают поисковые операции, тем выше вероятность найти выживших. Это требует заранее подготовленных планов действий и быстрой мобилизации ресурсов [8]. Также стоит учитывать психологический аспект – многие пострадавшие могут находиться в состоянии шока или паники, что осложняет процесс их поиска и эвакуации. Команды спасателей должны быть обучены взаимодействовать с пострадавшими, проявляя человечность и поддержку в критической ситуации.

Не менее важным является использование современных технологий. Дроны, геолокационные системы и мобильные приложения могут значительно облегчить процесс поиска, позволяя получить актуальную информацию о наиболее пострадавших зонах и оценить масштабы разрушений. Создание интегрированных информационных систем, которые позволят быстро обмениваться данными между различными службами и организациями, также способствует более эффективному реагированию на ЧС и спасению жизней.

Проведем обзор сложностей поиска пострадавших.

Поиск пострадавших при чрезвычайных ситуациях представляет собой сложную и многофакторную задачу, требующую слаженной работы различных служб и специалистов. Во-первых, сам характер ЧС, будь то природные катастрофы, техногенные аварии или эпидемии, накладывает свои особенности на процесс поиска. Например, в условиях стихийного бедствия, такого как землетрясение или наводнение, поисковые работы могут осложняться разрушениями, затоплениями и отсутствием нормальной инфраструктуры.

Кроме того, психологическое состояние пострадавших и их близких также влияет на процесс поиска. В условиях стресса люди могут терять возможность адекватно реагировать на происходящее, что затрудняет их идентификацию и помогает локализовать. Также необходимо учитывать тривиальные факторы, такие как отсутствие коммуникаций, что затрудняет координацию действий служб спасения.

Неопределенность и хаос, возникающие в результате ЧС, могут приводить к тому, что информация о местонахождении пострадавших становится либо недоступной, либо искаженной. Создание эффективных информационных систем и внедрение современных технологий, таких как дронов и спутниковых изображений, могут значительно облегчить эту задачу, но они требуют времени и ресурсов. В итоге, успешный поиск пострадавших требует комплексного подхода, включающего как технические, так и человеческие факторы, что делает его одной из основных задач в управлении последствиями ЧС.

Поиск пострадавших при чрезвычайных ситуациях осложняется множеством факторов, обусловленных масштабом, характером и последствиями катастрофы. Быстрое определение местонахождения нуждающихся в помощи критически важно для спасения жизней, но затруднено разрушениями инфраструктуры, завалами, отсутствием связи и хаосом.

В условиях землетрясений и обрушений зданий, затруднен доступ к пострадавшим, а также высока вероятность повторных обрушений. При наводнениях и других гидрологических ЧС, поиски усложняются из-за обширных затопленных территорий, сильных течений и непредсказуемости водной стихии. В условиях техногенных катастроф, токсичные вещества и радиация создают дополнительную угрозу для спасателей, ограничивая время и эффективность поисковых операций.

Отсутствие точной информации о количестве и местонахождении пострадавших, а также недостаточное оснащение поисково-спасательных команд современной техникой, существенно замедляют процесс. Важным аспектом является также взаимодействие и координация между различными службами и добровольцами, что требует четких протоколов и эффективной системы управления.

Сложности, возникающие в процессе поиска, могут быть обусловлены множеством факторов, включая характер самой ЧС, условия окружающей среды, доступность территории и наличие ресурсов:

- тип ЧС, разные виды чрезвычайных ситуаций, такие как природные катастрофы (землетрясения, наводнения, ураганы) или техногенные аварии (взрывы, пожары), требуют различных подходов к поиску пострадавших, например, в случае землетрясения может потребоваться поиск людей под завалами, тогда как при наводнении акцент будет сделан на спасение тех, кто оказался в затопленных районах;
- условия окружающей среды, погодные условия, такие как дождь, снег или сильный ветер, могут значительно усложнить поисковые операции, непредсказуемая погода может привести к дополнительным рискам для спасателей и затруднить доступ к пострадавшим;
- доступность территории, в результате ЧС могут быть повреждены дороги, мосты и другие транспортные коммуникации, что затрудняет

передвижение спасательных команд, в некоторых случаях может потребоваться использование специализированной техники или даже авиации для доступа к труднодоступным районам;

- психологические факторы, в условиях стресса и паники пострадавшие могут терять ориентацию и не всегда могут сообщить о своем местонахождении, это требует от спасателей применения различных методов поиска, включая использование технологий, таких как дроны или тепловизоров.

Далее проведем идентификацию основных действий при поиске пострадавших в условиях различных чрезвычайных ситуаций

Идентификация основных действий при поиске пострадавших в условиях различных чрезвычайных ситуаций, включая пожары, является ключевым элементом эффективного реагирования. Первоначально необходимо провести оценку ситуации, чтобы определить уровень угрозы и возможные риски для спасателей и пострадавших. Важно организовать работу команд, используя четкую иерархию командования, что позволит избежать путаницы и повысит эффективность операций [24].

Следующим шагом является разработка плана поиска и спасения. Спасатели должны использовать различные методы поиска, такие как полупрофессиональные системы и технологии, включая тепловизоры для выявления людей в задымленных помещениях. При этом необходимо помнить о рисках повторного возгорания и потенциальных обрушениях конструкций, что делает соблюдение мер безопасности приоритетной задачей.

Также важным аспектом действий является координация с другими службами, включая медиков и пожарных. Налаженная связь между различными службами позволяет быстрее и эффективнее осуществлять эвакуацию пострадавших и предоставлять им необходимую медицинскую помощь. В процессе поиска пострадавших также следует учитывать

психологические аспекты, предоставляя моральную поддержку тем, кто переживает стрессовые ситуации.

Таким образом, грамотная идентификация и последовательное выполнение основных действий в процессе поиска пострадавших могут значительно повысить вероятность успешного спасения жизней в условиях чрезвычайных ситуаций.

Идентификация основных действий при поиске пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах требует четкой систематизации и приоритезации. Первоочередно проводится оценка обстановки: определение масштаба трагедии, потенциальных угроз (обрушения, взрывы, отравляющие вещества) и ресурсов. Затем организуется зона поисково-спасательных работ с четким разделением на секторы и назначением ответственных.

Параллельно ведется сбор информации от очевидцев и родственников о возможном местонахождении людей. Документирование всех этапов поиска и спасения, включая координаты обнаружения и состояние пострадавших, является критически важным для последующего анализа и совершенствования тактики. Безопасность спасателей – приоритет [17].

Далее выделим основные службы, которые должны принимать участие при поиске пострадавших.

Службы при поиске пострадавших в условиях различных чрезвычайных ситуаций и пожаров играют критически важную роль в обеспечении безопасности населения и ликвидации последствий аварий. В такие моменты на место происшествия незамедлительно выезжают специализированные подразделения, включая пожарные службы, спасателей, медицинские бригады и волонтеров. Эти команды работают в тесном сотрудничестве, чтобы максимально быстро и эффективно найти и эвакуировать пострадавших, обеспечивая им необходимую медицинскую помощь и поддержку.

Ключевым элементом работы служб является предварительная оценка ситуации, позволяющая определить масштаб бедствия и возможные пути спасения. Особое внимание уделяется поисковым операциям в зонах, где могут скрываться жертвы, будь то обрушившиеся здания, затопленные районы или лесные массивы при лесных пожарах. Применение современного оборудования, такого как дроны, тепловизоров и специализированных собак-ищей, значительно увеличивает шансы на успешное обнаружение пострадавших.

Кроме того, обучение и подготовка персонала являются неотъемлемой частью работы служб, так как в условиях стресса и нестабильности требуется высокая квалификация и быстрая реакция. Слаженные действия всех участников операций, наличие четкого плана и готовность к непредвиденным ситуациям позволяют эффективно минимизировать последствия бедствий и спасти жизни людей. Постоянное совершенствование методов работы и технологий в этой сфере является залогом повышения уровня безопасности общества в целом.

Основные службы, которые должны принимать участие при поиске пострадавших:

- МЧС России;
- полиция, при поисковых работах в населённой местности важно учитывать, что пропавший человек может быть уже найден и доставлен в полицию;
- медицинские учреждения, при поисковых работах в населённой местности стоит обратиться в ближайшие или районные больницы, так как есть вероятность, что человек уже доставлен туда;
- оператор 112, он принимает первичную информацию о потерявшемся и доводит её до ЕДДС муниципального образования.

При проведении поисковой операции ключевыми действиями являются: определение области поиска и ее границ, сбор и анализ исходной информации (о пропавшем человеке, местности, обстоятельствах),

планирование поисковых действий и распределение задач между группами. Важно определить приоритетные направления поиска, исходя из наиболее вероятных сценариев.

Ключевые должностные лица, участвующие в поиске, включают в себя: руководителя поисковой операции, ответственного за общее руководство и координацию; координатора поиска, отвечающего за сбор и обработку информации, организацию связи и взаимодействие между группами; руководителя поисковой группы, непосредственно руководящего действиями поисковой группы на местности; медиков, обеспечивающих медицинское сопровождение; картографов и навигаторов, отвечающих за ориентирование на местности и работу с картами и навигационными приборами; а также представителей правоохранительных органов, обеспечивающих правопорядок и соблюдение законности в ходе операции.

В зависимости от ситуации и масштаба поиска могут привлекаться другие специалисты, такие как кинологи, водолазы, альпинисты.

«Первая медицинская помощь оказывается пострадавшим на месте их деблокирования с целью спасения жизни пострадавших путем устранения воздействия поражающих факторов и приведения пострадавшего в состояние, позволяющее осуществлять эвакуацию из опасной зоны. Оказание медицинской помощи в ряде случаев производят на пункте сбора пострадавших после их эвакуации» [25].

Далее проанализируем обстоятельства поиска пострадавших в районе схода снежных лавин.

«При поиске пострадавших в районе схода снежной лавины следует учитывать их положение до начала схода лавины:

- если лавина сорвалась на человека сверху – искать его на периферии конуса выноса;
- при срыве лавины из-под ног человека – искать его надо по верхнему краю лавины;

- если человек некоторое время удерживается на поверхности лавины, а затем исчез – искать его следует ниже последнего места нахождения на значительной глубине» [28].

«В начале поиска необходимо тщательно осмотреть поверхность конуса лавины и место вокруг него с целью установления признаков засыпанных пострадавших (предметов одежды, снаряжении). При осмотре поверхности спасателям необходимо останавливаться через каждые 3–4 шага и подавать звуковые сигналы, затем прислушиваться к звукам из-под лавины. Зондирование лавины следует проводить в местах предполагаемого нахождения людей, а при натывании зонда на мягкие предметы – раскопать это место. Если люди не обнаружены, необходимо зондировать всю лавину вдоль осевой линии стока в полосе 15 – 20 м. Для этого спасатели становятся шеренгой возможно плотнее друг к другу и лицом к склону, затем поднимаются от подножья вверх, зондируя каждые 25 –30 см. Зонд вводится строго вертикально и осторожно, вначале у носка левой ступни, затем между ступнями и у носка правой ступни. После зондирования склона перед собой шеренга по команде «Марш» поднимается на 25 – 30 см и зондирует склон далее. При обнаружении пострадавшего в первую очередь делаются скважины для облегчения доступа воздуха к пострадавшему. При большой глубине снежного покрова, когда зонд не достигает грунта, после первого зондажа роются траншеи параллельно сходу лавины «снизу–вверх» несколько ниже места остановки лавины. Траншея прокладывается двумя спасателями, один из которых ведет наблюдение. Траншеи роются шириной 1,5 м с интервалом 2 м, в них зондируются дно и стены. В очень плотном снегу применяются лавинные пилы» [36].

«Наиболее рациональная организация кинологического поиска предполагает три основные периода работы расчетов:

- в ходе разведки зоны разрушений до начала основных спасательных работ;

- в ходе спасательных работ с целью уточнения и корректировки спасательных операций;
- по завершению спасательных работ для контроля их результата» [28].

«Расчет сил и средств должен производиться исходя из следующих основных показателей производительности расчетов ПСС:

- время обнаружения пострадавшего на территории завала 100 м × 100 м при высоте завала 3-5 м – не более 30 мин;
- время непрерывной работы расчета – не более 45 мин;
- продолжительность рабочей смены – не более 12 ч» [25].

«Для визуального поиска путем наблюдения при пониженной естественной ночной освещенности, а также в условиях полной темноты используется инфракрасный ночной бинокль НБ-3М. Его характеристики:

- увеличение – 8-кратное;
- поле зрения – 15 градусов;
- дальность наблюдения – 100-800 м;
- дальность инфракрасной подсветки- до 100 м;
- масса прибора – 1,2 кг» [28].

Для процедуры опроса очевидцев назначают отдельных лиц из числа спасателей или формируют группы.

«Представители подразделений (групп), занимающихся опросом очевидцев, должны работать:

- в местах (на объектах) ведения поисково-спасательных работ;
- в пунктах сбора пораженных;
- в медицинских пунктах и в лечебных учреждениях;
- в палаточных городках и в местах временного размещения людей;
- в пунктах посадки, эвакуируемых на транспорт» [28].

2.2 Разработка модели и алгоритма поиска пострадавших

Построение модели поиска пострадавших – это сложный и многоуровневый процесс, который требует применения определённых принципов и критериев для достижения высокой эффективности и точности.

Во-первых, принцип многофункциональности модели подразумевает необходимость интеграции различных источников данных, таких как информация о местонахождении, социальные сети и специализированные базы данных, что позволяет собирать более полную картину о возможных пострадавших.

Во-вторых, важен принцип адаптивности, который подразумевает возможность модели изменяться и улучшаться в зависимости от новых данных и обстоятельств, что особенно актуально в условиях чрезвычайных ситуаций.

Критерии построения модели могут включать точность идентификации, скорость обработки данных, а также возможность анализа в реальном времени. Точность включает в себя оценку вероятности того, что определённые данные действительно относятся к реальным пострадавшим. Скорость обработки данных критична, особенно в условиях, когда время играет решающую роль в спасении жизней. Анализ в реальном времени необходим для быстрой адаптации к изменяющимся условиям и для принятия решений на основе самой актуальной информации. Подобные принципы и критерии позволяют создать эффективную и надёжную модель поиска пострадавших, что в конечном итоге может существенно улучшить результаты спасательных операций.

Принцип построения модели поиска пострадавших основывается на комбинации вероятностных и эвристических методов. Ключевым принципом является максимизация вероятности обнаружения пострадавшего при минимизации времени и ресурсов, затраченных на поиск. Модель включает в

себя анализ исходных данных, таких как информация о месте происшествия, характеристиках пострадавших, и метеорологических условиях.

Современные методы, технологии и средства поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах играют критически важную роль в обеспечении безопасности и спасения жизни. Одним из наиболее актуальных направлений является использование дронов, которые могут быстро облетать зоны бедствия, обеспечивая обзор местности и позволяя выявлять людей, находящихся в затруднительном положении.

Критерии построения модели:

- точность, минимизация ложноположительных и ложноотрицательных результатов;
- эффективность, максимальное сокращение времени поиска;
- адаптивность, способность модели адаптироваться к различным сценариям и условиям;
- надежность, устойчивость модели к неполной или недостоверной информации;
- оптимизация ресурсов, минимизация затрат на поиск (персонал, оборудование).

Эти критерии взаимосвязаны и должны рассматриваться в совокупности для создания эффективной и надежной модели поиска пострадавших.

Интеграция этой модели с данными о размещении оборудования является ключевым этапом в процессе проектирования и развертывания беспроводных сетей внутри зданий [3].

Далее применим эту схему для нашей тематики исследования и наложим программу на предлагаемый БПЛА, а также информационную модель (выбранные в разделе 1.2).

Анализ производился с помощью программного обеспечения Python. Комплексное применение современных технологий, методов и средств позволяет значительно повысить эффективность поиска пострадавших и

спасательных операций, что в свою очередь способствует уменьшению потерь и более быстрому восстановлению после чрезвычайных ситуаций и пожаров. Блок-схема алгоритма определения оптимального маршрута обследования завалов спасателями приведена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма определения оптимального маршрута обследования завалов спасателями

На рисунке 4 приведем блок-схему алгоритма поиска пострадавших при взрыве бытового газа с помощью программного обеспечения Python.

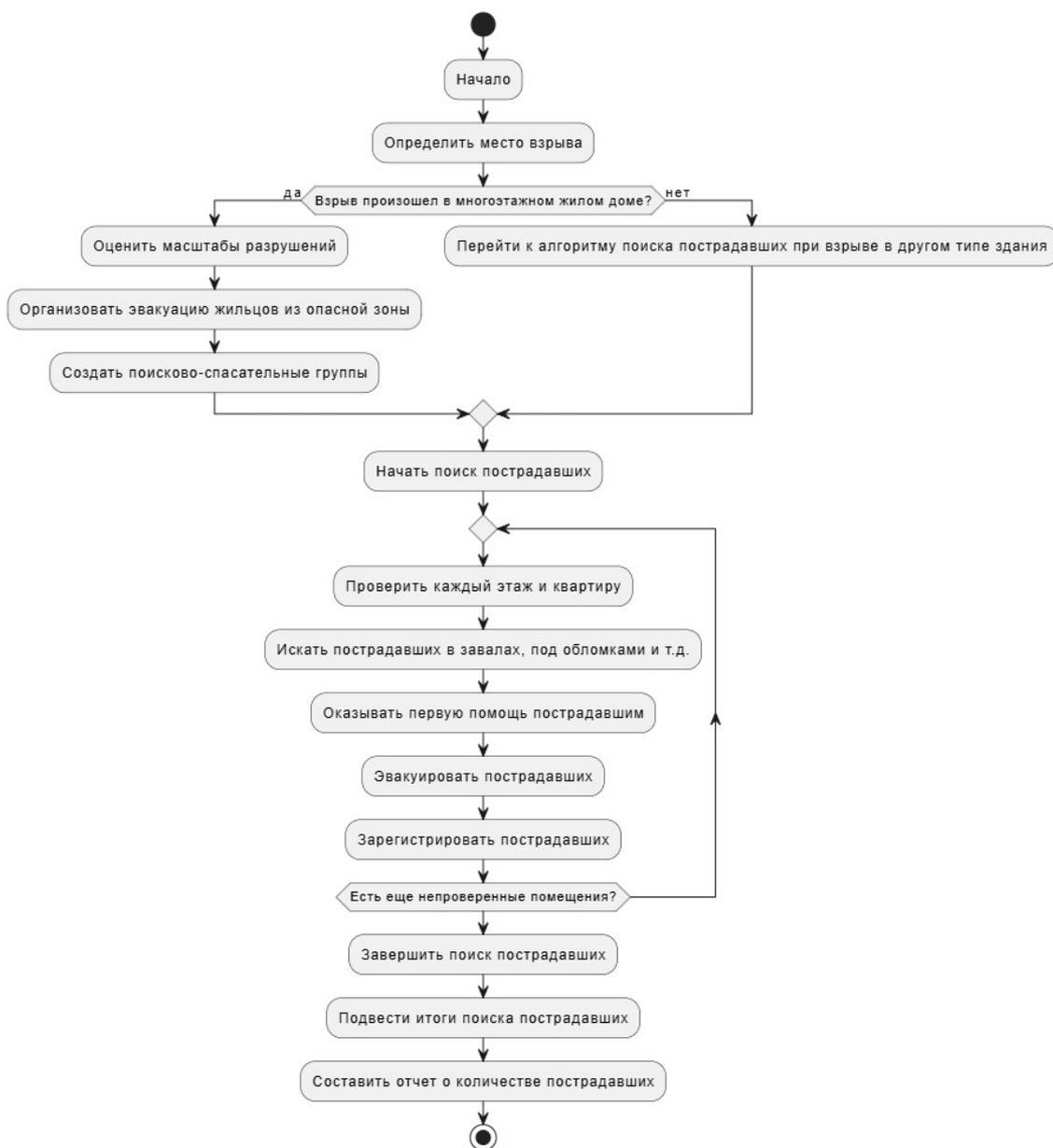


Рисунок 4 – Блок-схема алгоритма поиска пострадавших при взрыве бытового газа с помощью программного обеспечения Python

Далее представим алгоритм поиска пострадавших при пожаре в многоквартирном жилом доме по адресу г. Самара, Кировский, Московское шоссе, 18-й километр (диаграмма компонентов).

На рисунках 5,6 приведен алгоритм поиска мы с учетом особенностей различных ЧС и пожаров разработан с помощью Python.

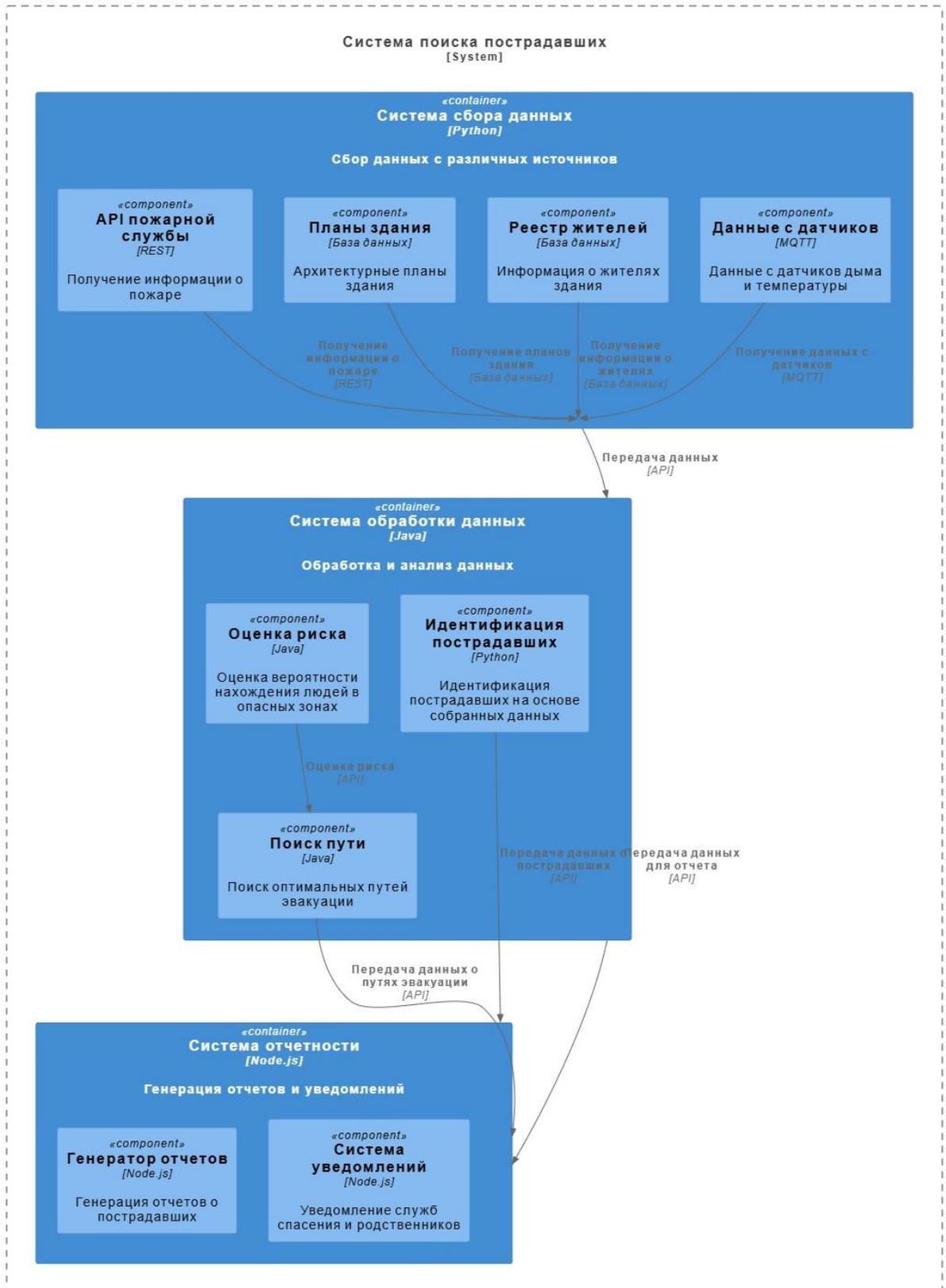


Рисунок 5 – Алгоритм поиска пострадавших при пожаре в многоэтажном жилом доме (диаграмма компонентов)

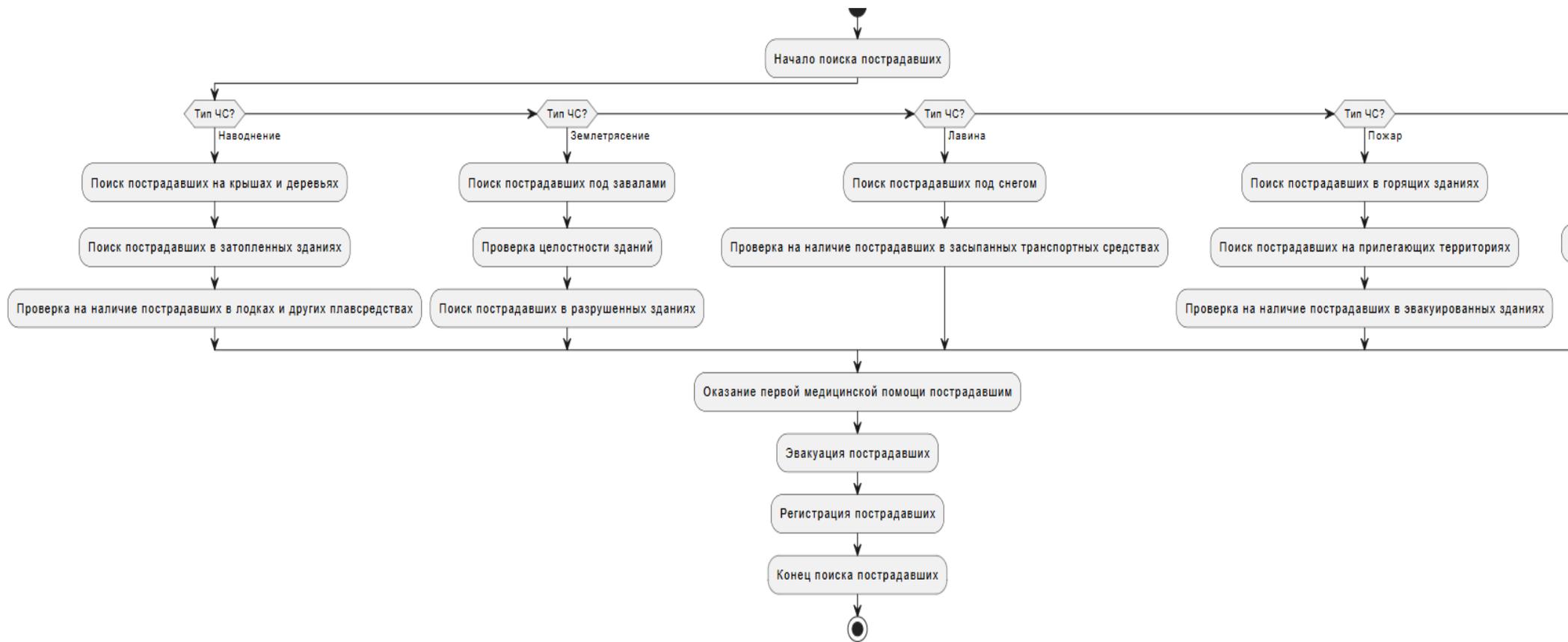


Рисунок 6 – Алгоритм поиска в виде схемы с учетом особенностей различных ЧС (наводнение, землетрясение, лавина) и пожаров разработан с помощью программного обеспечения Python

Создание блок-схемы алгоритма поиска пострадавших при взрыве бытового газа с использованием Python требует детализации процесса и разбиения его на логические шаги. Начало блок-схемы обычно начинается с получения данных о месте взрыва и информации о здании. Далее, алгоритм должен включать этапы обработки этих данных: автоматическую идентификацию потенциально пострадавших областей на основе близости к эпицентру взрыва, анализ данных о зарегистрированных жильцах в этих областях и сопоставление их с информацией, поступающей от спасателей или других источников (например, списки эвакуированных).

Python может быть использован для автоматической обработки этих данных, например, с помощью библиотек для работы с изображениями (для анализа планов этажей) и баз данных.

Автоматизация этого процесса значительно повышает эффективность поиска, сокращает время нахождения пострадавших в опасности и, как следствие, увеличивает шансы на успешное спасение.

Кроме того, позволяет вести учет ресурсов, распределять задачи между командами и формировать отчетность о проведенных операциях, что необходимо для анализа эффективности и планирования дальнейших действий.

Приведенные выше схемы в совокупности являются отдельными этапами (шагами), которые позволяют автоматизировать и оптимизировать различные задачи, от анализа спутниковых снимков и геолокационных данных до координации поисково-спасательных групп в зоне ЧС, пожара.

При помощи работы программного обеспечения и передачи информации с БПЛА на пульт управления, можно собирать и обрабатывать огромные объемы информации, включая сообщения очевидцев в социальных сетях, данные с дронов и информацию, поступающую от мобильных устройств пропавших людей.

Алгоритмы помогают распознавать объекты, свидетельствующие о присутствии людей, например, обломки, палатки или сигнальные костры,

даже в сложных погодных условиях или в труднодоступной местности. Более того, можно моделировать распространение последствий ЧС, прогнозируя зоны наибольшего риска и оптимизируя маршруты эвакуации.

В конечном итоге, эффективно разработанное и внедренное программное обеспечение значительно повышает шансы на успешный поиск и спасение людей в условиях ЧС, сокращая время реагирования и минимизируя потери.

Алгоритм поиска пострадавших в условиях чрезвычайных ситуаций и пожаров требует особого подхода, учитывающего множество факторов, таких как природа происшествия, его масштаб, а также состояние инфраструктуры. Прежде всего, необходимо провести быструю оценку ситуации, чтобы определить предполагаемое количество пострадавших и степень их необходимости в медицинской помощи. В случае стихийного бедствия, например, землетрясения, акцент смещается на выявление пострадавших в завалах, тогда как при пожаре основное внимание следует уделить эвакуации.

Кроме того, алгоритм должен учитывать особенности каждого типа ЧС: для техногенных катастроф важным будет взаимодействие с предприятиями, которые могут предоставить информацию о возможных жертвах, а в случае массовых беспорядков или террористических актов – налаживание координации с правоохранительными органами. Важным элементом алгоритма является создание единой информационной системы, позволяющей спасателям оперативно обмениваться данными и локализовывать зоны поиска на основе поступивших сигналов о местонахождении пострадавших. Эффективная коммуникация между различными службами и волонтерами также играет критическую роль в успешной реализации поисково-спасательных операций.

Следующим шагом является эвакуация людей из здания. Спасатели должны быть внимательными к возможным источникам задымления и острых предметов, которые могут представлять опасность. Во время поиска

пострадавших важно проверять каждый этаж и все помещения, обращая внимание на звуки, крики о помощи и признаки жизни. Использование тепловизоров позволяет более эффективно обнаруживать людей, скрывающихся под завалами или в сильно задымленных зонах.

После обнаружения пострадавших необходимо оказать первую помощь и, по возможности, эвакуировать их на безопасное расстояние от огня. Важно обеспечить быструю передачу информации о состоянии пострадавших медицинским работникам, которые могут немедленно начать лечение. Также следует помнить о психологической поддержке, как для спасателей, так и для пострадавших, поскольку стрессовые ситуации, связанные с пожаром, могут иметь серьезные последствия для психоэмоционального состояния всех участников происшествия.

Выводы по разделу 2

Предложено использование беспилотного летательного аппарата для поисковых и спасательных операций [21], а также устройство информационной поддержки поиска пострадавших [22]. На рисунках данного раздела разработаны алгоритмы поиска пострадавших при пожаре в многоэтажном жилом доме различными методами (блок-схема, диаграмма компонентов). Таким образом, с помощью алгоритмов возможен процесс оптимизации поиска пострадавших. Разработка модели и алгоритма поиска пострадавших является сложной задачей, требующей комплексного подхода, объединяющего различные дисциплины. Разработан алгоритм поиска, который должен оптимизировать процесс обнаружения пострадавших. Алгоритм поиска в виде схемы с учетом особенностей различных ЧС и пожаров разработан с помощью программного обеспечения Python с учетом особенностей (пожар, наводнение, землетрясение, лавина). В процессе разработки необходимо проводить тестирование и валидацию модели и алгоритма на основе исторических данных или смоделированных сценариев, чтобы оценить их эффективность и выявить возможные недостатки.

3 Апробация разработанных модели и алгоритма поиска пострадавших

3.1 Технология применения модели и алгоритма поиска на одном из объектов защиты

Выберем и опишем объект защиты и предполагаемую ЧС.

Объект – жилой дом, г. Самара, Кировский, Московское шоссе, 18-й километр. Дата постройки – 2022 год.

Общие габариты здания составляют 46,8 м × 18,3 м. Высота этажей принята 2,8 м от пола до пола. За отметку нуля принята абсолютная отметка земли 78,3 м. Здание II степени огнестойкости, класс функциональной пожарной опасности Ф1.3

Жилой дом 26-ти этажный, с чердаком и подвалом. На первом этаже здания располагаются помещения: комната консьержа, помещение электрощитовой, комната уборочного инвентаря, комплекс офисных помещений. Со 2 по 26 этаж располагаются 282 жилые квартиры:

- 1-комнатных – 154;
- 2-комнатных – 77;
- 3-комнатных – 51.

На техническом чердаке: пространство для прокладки инженерных коммуникаций

В техническом подвале располагаются группа технических помещений в составе: насосные, водомерный узел, тепловой пункт.

Лифты:

- грузоподъемностью 400 кг, кабина 980/1060;
- грузоподъемностью 630 кг, кабина 2200/1080;
- грузоподъемностью 630 кг, кабина 2200/1080.

Границами общего участка служат:

- с севера – Ледовый дворец «Лада-Арена»;
- с юга – различные ГСК;
- с востока – территория свободная от застройки;
- с запада – жилой дом

Общая площадь квартир – 13842,25 м². Площадь застройки жилого дома – 928,93 м²

Для повышения степени огнестойкости все стены и перегородки выполнены из негорючих материалов. Двери вентиляционных камер, насосных, электрощитовых, являются противопожарными с пределом огнестойкости REI30. В дверях лестничных клеток, в дверях разделяющие коридоры предусмотрены приспособления для само закрывания и уплотнения в притворах.

Все квартиры на этажах здания имеют два эвакуационных выхода через незадымляемую лестничную клетку или выход на балкон или лоджию с глухим простенком.

Технический подвал не соединен лестницей с первым этажом, разделены два выхода на улицу

Стены внутренние несущие-кирпичные и из керамических блоков «Кераком» толщиной 250 мм.

Стены наружные – керамические блоки «Керакам» толщиной 250-380мм, монолитные железобетонные с утеплителем базальтовой плитой Rockwool толщиной 100-150 мм. Перекрытия – монолитные железобетонные, лестницы – железобетонные, окна – пластиковые, двери наружные – металлические.

Предполагаемый вид ЧС (техногенная) – взрыв газа в жилом доме (нарушение правил ПБ при эксплуатации газового оборудования) при выполнении отделочных ремонтных работ [18].

Взрыв газа в жилом доме может привести к разрушению здания, человеческим жертвам и серьезным травмам. Причиной таких взрывов чаще всего является утечка бытового газа, которая может произойти из-за

неисправности газового оборудования, неправильной эксплуатации или повреждения газовых труб. Накопление газа в закрытом помещении, даже при небольшой концентрации, может привести к взрыву при появлении искры или открытого огня.

«Чрезвычайные ситуации, связанные с разрушением зданий и сооружений, обычно сопровождаются гибелью людей и возникновением значительного материального ущерба. Ликвидация таких чрезвычайных ситуаций предполагает проведение аварийно-спасательных работ, отличительной особенностью которых является то, что они выполняются в основном в крайне неблагоприятных внешних условиях, в сжатые сроки, с высокой интенсивностью и привлечением значительных сил и средств. При разрушении зданий образуются завалы, представляющие собой хаотическое нагромождение крупных и мелких обломков строительных конструкций, санитарно-технических устройств, мебели, технологического оборудования и прочего. На состояние завала влияют вид и параметры поражающего воздействия, тип здания по функциональному назначению и конструктивному исполнению, его этажность и конфигурация» [25].

С использованием Python и библиотек, таких как «networkx» для представления графа и, возможно, «matplotlib» для визуализации, можно реализовать разные алгоритмы поиска пути, такие как A* или Dijkstra. A*, в частности, позволяет учитывать эвристическую оценку расстояния до выхода, что полезно в больших зданиях.

Алгоритм должен динамически обновлять карту здания, получая данные о разрушениях этажей, задымленности и расположении пожарных команд. Информация о разрушениях может быть представлена в виде массива или словаря, где ключи – номера этажей или идентификаторы секций здания, а значения – булево значение (разрушено, не разрушено) или более детальная информация о степени повреждения, влияющей на проходимость.

Применим алгоритм поиска в виде схемы с учетом особенностей различных ЧС и пожаров в более детальном анализе с помощью программного обеспечения Python к рассматриваемому жилому дому, рисунок 7.

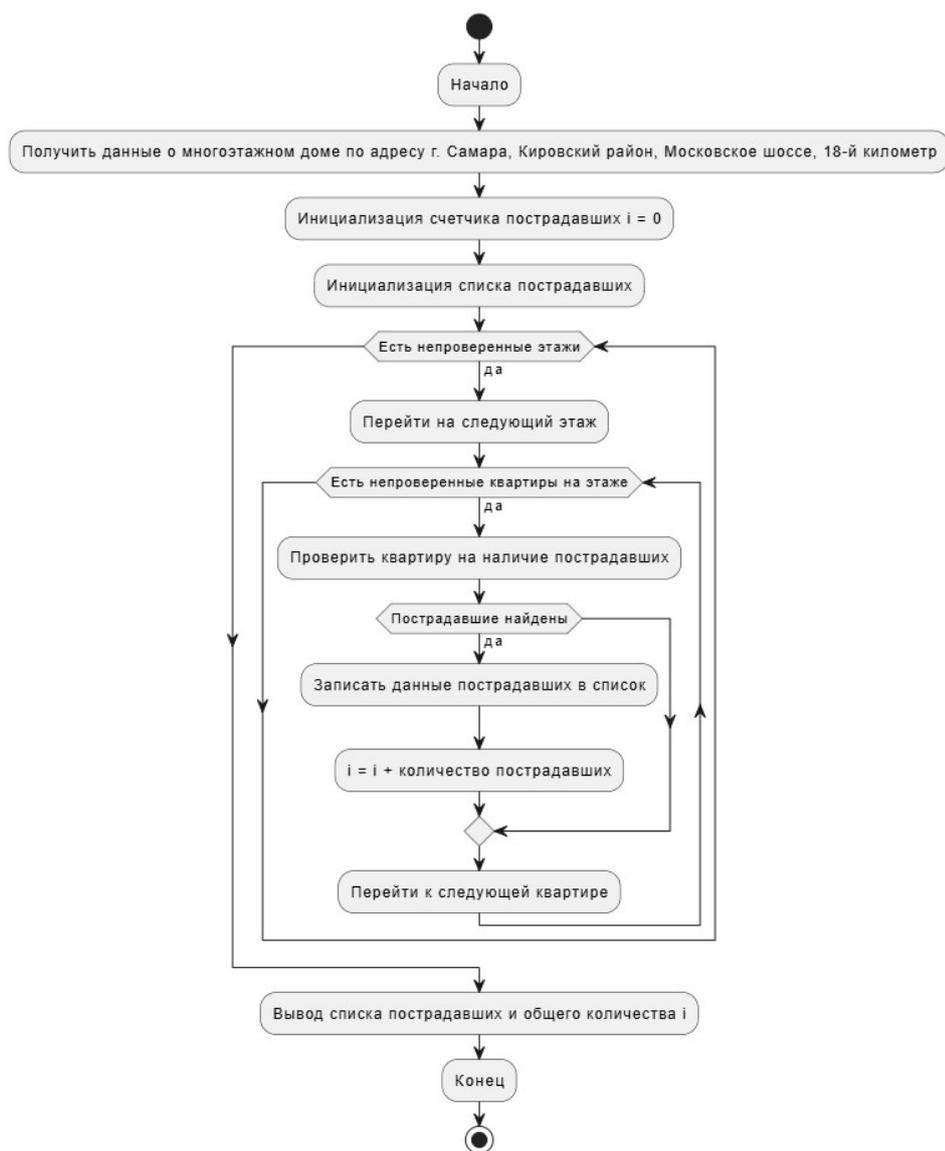


Рисунок 7 – Алгоритм поиска в жилом многоквартирном доме в виде схемы в более детальном анализе с помощью программного обеспечения Python

Далее на рисунке 8 приведем алгоритм поиска в жилом многоэтажном доме в виде схемы в более детальном анализе с помощью программного обеспечения Python с учетом информации о разрушении этажей.

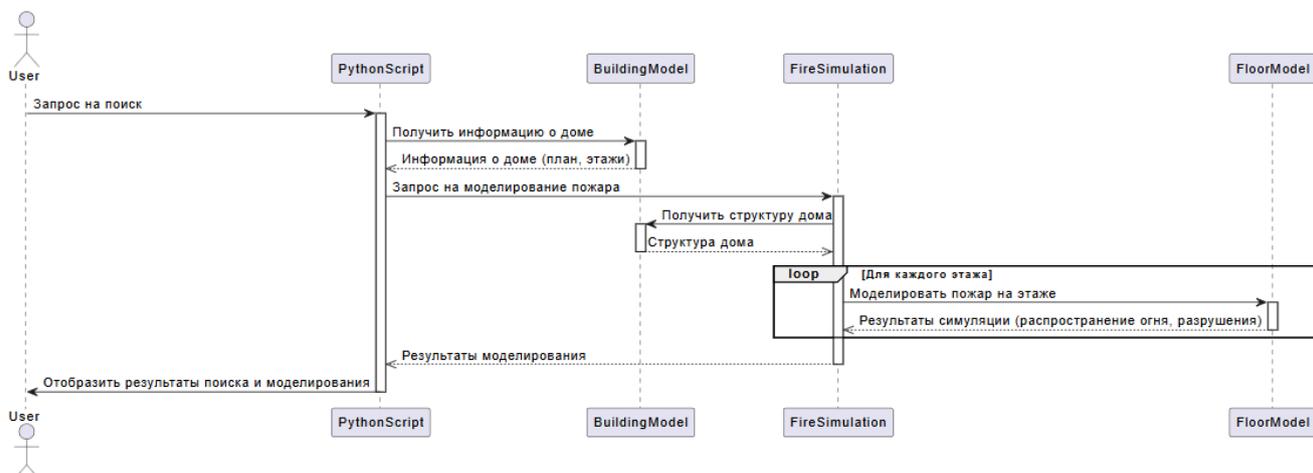


Рисунок 8 – Алгоритм поиска в жилом многоэтажном доме в виде схемы в более детальном анализе с помощью программного обеспечения Python с учетом информации о разрушении этажей

Предотвращение взрыва газа требует регулярного обслуживания газового оборудования, соблюдения правил безопасности при его использовании, а также своевременного обнаружения и устранения утечек газа. Далее необходимо обосновать необходимость и актуальность применения модели и алгоритма поиска.

Особенности поиска пострадавших в таких условиях обусловлены хаотичным характером разрушений, наличием множества обломков, возможностью повторных обрушений и утечек газа. Операции по поиску и спасению требуют оперативной координации различных служб, использования специализированного оборудования, такого как тепловизоры и акустические датчики, а также применения кинологических расчетов для обнаружения людей под завалами. Важным аспектом является и обеспечение безопасности спасателей, работающих в условиях повышенной опасности, и оказание психологической помощи пострадавшим и их семьям. Ситуация

осложняется необходимостью действовать быстро, поскольку время играет критическую роль в шансах на спасение тех, кто оказался в ловушке.

Спасатели используют различные методы для обнаружения людей под обломками. Это может быть визуальный осмотр, прослушивание пространства под завалами с помощью акустических приборов, применение кинологических расчетов, обученных находить людей по запаху, а также использование тепловизоров для обнаружения тепла, излучаемого телами пострадавших. Важным этапом является разбор завалов, который должен проводиться максимально аккуратно, чтобы не повредить пострадавших и не спровоцировать дальнейшее обрушение.

Разработка мероприятий по работе с рассматриваемым БПЛА:

- тщательное планирование стратегии управления БПЛА (ввод исходных данных, необходимость учитывания особенностей – погодные условия, количество людей в жилом доме, количество привлекаемых профессиональных служб, потенциальные препятствия);
- оборудование дрона должно соответствовать задачам – камеры высокого разрешения, тепловизионные датчики, в том числе, для ночного поиска должны работать с максимальными параметрами), прожекторы, громкоговорители для связи с пострадавшими;
- обучение операторов БПЛА должно быть специализированным, включая навыки управления в сложных условиях, интерпретацию полученных данных и координацию с наземными командами;
- интеграция с данными от БПЛА в реальном времени для оперативного выявления потенциальных мест нахождения пострадавших;
- использование алгоритмов обучения для автоматического обнаружения объектов, похожих на человека, в отснятом материале;

- обеспечение защищенного обмена данными между операторами дронов, координационными центрами и спасательными службами для повышения оперативности и координации действий.

Совместное использование БПЛА и информационной системы ПО позволит значительно сократить время поиска и повысить шансы на спасение пострадавших при обрушении жилого дома.

Возможные результаты внедрения:

- использование БПЛА позволяет проводить предварительную разведку и оценку состояния здания при обрушении, выявляя потенциально опасные зоны и минимизируя риски;
- возможность мониторинга процесса в режиме реального времени, оперативно реагируя на изменения и обеспечивая необходимую корректировку планов;
- программного обеспечение БПЛА способно выполнить дистанционное обрушение (необходимо прописать новые алгоритмы программ) отдельных элементов конструкции, снижая опасность для людей, находящихся в непосредственной близости от здания;
- можно получить точные 3D-модели здания, которые используются для планирования обрушения и оптимизации распределения взрывчатки или других средств;
- точный мониторинг скорости и траектории падения обломков, что позволяет прогнозировать последствия обрушения и минимизировать ущерб.

Особенности использования (рамки применения, недостатки для данной системы и спрогнозированной ЧС):

- внедрение БПЛА также требует определенных затрат на приобретение, обслуживание и обучение, а также соблюдение нормативных требований и обеспечение безопасности полетов;
- необходимость высококвалифицированного персонала для правильного использования системы.

Для оценки эффективности применения для поиска пострадавших при обрушении здания можно выделить несколько ключевых критериев:

- скорость реагирования – время, необходимое для развертывания БПЛА после получения сигнала о ЧС, время, затраченное на поиск пострадавших с помощью БПЛА;
- дальность и охват – радиус действия БПЛА и возможность охвата больших территорий, способность БПЛА работать в сложных условиях (например, в городских зонах с высокими зданиями);
- качество и точность данных – разрешение камер и других сенсоров на борту БПЛА, способность БПЛА распознавать и идентифицировать пострадавших или их признаки (например, движение, тепловые сигналы),
- надежность и устойчивость к помехам – способность БПЛА функционировать в различных погодных условиях (дождь, ветер, туман), устойчивость к помехам (например, от сигналов мобильной связи).
- интеграция с другими службами – возможность передачи данных в реальном времени спасательным службам, совместимость с другими системами поиска и спасения;
- экономическая эффективность – сравнение затрат на использование БПЛА с традиционными методами поиска (например, использование собак-ищей и наземных команд), оценка затрат на техническое обслуживание и обучение операторов.

Эти критерии помогут оценить, насколько эффективно рассматриваемый вид БПЛА с наложением программы могут быть использованы в ситуациях, связанных с обрушением зданий, и выявить возможности для дальнейшего совершенствования их применения.

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

Проведем расчет возможного ущерба и сравним с произведенными затратами для определения эффекта и срока окупаемости. В таблице 1 приведем план финансового обеспечения мероприятия.

Таблица 1 – План финансового обеспечения мероприятия

Наименование мероприятия	Основание	Стоимость, руб.	Срок реализации	Ответственный
Устройство информационной поддержки поиска пострадавших, БПЛА	Разработка модели и алгоритма поиска пострадавших, исследование	378 000+516 000= 894 000	4 кв. 2025	Администрация города

В таблице 2 приведена смета расходов на мероприятие.

Таблица 2 – Смета расходов на мероприятие

Наименование рабочей зоны	Устройство информационной поддержки поиска пострадавших, БПЛА
Стоимость оборудования, руб.	894 000
Стоимость проектирования, руб.	50 000
Стоимость монтажных работ, руб.	100 000
Итоговая стоимость оснащения, руб.	1 044 000

Для расчета показателей экономической эффективности предлагаемых мероприятий необходимо предварительно составить план финансового обеспечения и смету. В таблице 3 приведем исходные данные для расчета.

Таблица 3 – Исходные данные

Наименование показателя	Условные обозначения	Единицы измерения	Жилой дом
Остаточная стоимость уничтоженных основных фондов	Soi	руб.	450000
Утилизационная стоимость материальных ценностей	Syi	руб.	61500
Стоимость ремонта и восстановления поврежденных основных фондов	Spi	руб.	15000
Ущерб, причиненный сырью и материалам	Псj	руб.	47625
Расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии	Пл	руб.	7500
Расходы на расследование аварии	Пр	руб.	0

Ущерб от аварий в жилых зданиях:

$$P_a = P_{c3} + P_{н.в.} + P_a. \quad (1)$$

$$P_a = 2000000 + 10005000 + 0 = 12000000$$

где P_a – полный ущерб от аварий, руб.;

P_{c3} – социально-экономические потери, руб.;

$P_{н.в.}$ – косвенный ущерб, руб.;

Прямые потери от аварии:

$$P_{п.п.} = P_{о.ф.} + P_{тм.ц} , \quad (2)$$

$$P_{п.п.} = 94848 + 136188 = 231036$$

где $P_{o.f.}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения основных фондов, руб.;

$P_{т.м.ц.}$ – потери предприятия в результате уничтожения или повреждения товарно-материальных ценностей, руб.;

$P_{им}$ – потери в результате уничтожения или повреждения имущества третьих лиц, руб.

Косвенный ущерб вследствие аварий:

$$P_{н.в.} = P_{н.п.} + P_{н.п.т.л.} \quad (3)$$

$$P_{н.в.} = 9856000 + 12812,9000 = 22669000$$

где $P_{н.п.}$ – часть доходов, недополученных предприятием в результате простоя, руб.;

$P_{ш}$ – убытки, вызванные уплатой различных неустоек, штрафов, пеней, руб.

Затраты на локализацию или ликвидацию и расследование аварии:

$$P_{л.а.} = P_{л} + P_{р} , \quad (4)$$

где $P_{л}$ – расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб.;

Проведем расчет экономического эффекта, который равен разности денежного дохода от реализации мероприятия (внедрения устройства информационной поддержки поиска пострадавших + БПЛА) и денежным расходами на осуществление мероприятия, годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_г = 120000000 - 1044000 = 10956000,$$

«где $\mathcal{E}_г$ – годовой экономический эффект, руб.;

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

З – затраты на реализацию мероприятия, руб» [6].

Чистый экономический эффект:

$$\text{ЧЭЭ} = \sum \text{Э}_t - \text{З}_t, \quad (5)$$

$$\text{ЧЭЭ} = 120000000 - 10440000 = 10956000,$$

где Э_t – результаты, достигнутые на t-ом шаге расчета;

З_t – затраты, включая капитальные вложения.

Чистый дисконтированный доход ЧДД, накопленный дисконтированный эффект за расчетный период:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (\text{Э}_t - \text{З}_t + A_t) \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (6)$$

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^T (120000000 - 1044000 + 50000) \frac{1}{(1 + 1,12)^t} = 25350827$$

где Э_t – результаты, достигнутые на t-ом шаге расчета;

З_t – затраты, включая капитальные вложения;

A_t – амортизационные отчисления, осуществляемые на этом шаге;

E – норма дисконта.

Срок окупаемости:

$$T_{\text{ок}} = T - \frac{\text{ЧДД}_T}{\text{ЧДД}_{T+1} - \text{ЧДД}_T}, \quad (7)$$

$$T_{\text{ок}} = 1 - \frac{25350827}{2952500 - 25350827} = 1,2$$

где T – год, в котором значение последний раз отрицательное;

$ЧДД_{t+1}$ –положительное значение чистого дисконтированного дохода.

Расчет ЧЭЭ срок окупаемости мероприятия представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Интегральные показатели эффективности мероприятия

Наименование показателей	Значение показателей по годам, тыс. д. е.				
	1	2	3	4	5
Капитальные вложения	1044000	-	-	-	-
Ежегодные затраты	1044000	120000	120000	120000	120000
Амортизация	0,98	0,95	0,85	0,75	0,65
Эффект	1,8	1,6	1,5	1,2	1,1
ЧЭЭ	10956000	253620	452102	452100	452000
Коэффициент дисконта	1,89	1,78	1,68	1,54	1,47
ЧДД с нарастающим итогом	25350827	2952500	1952500	1252500	1244200
Ток	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Дисконтированные вложения	147 214,2	112 512,3	102 256,3	98 541,2	93 142,2
Дисконтированный доход	3250000	2200000	1560000	950000	830000
Индекс доходности	1,12				

Индекс доходности ИД, или индекс рентабельности капвложений:

$$ИД = \frac{\sum_{t=0}^T (\Delta_t + A_t)(1+E)^{t-1}}{\sum_{t=0}^T K_t(1+E)^{t-1}}, \quad (8)$$

$$ИД = \frac{\sum_{t=0}^T (3114223 + 50000)(1 + 1,12)^{t-1}}{\sum_{t=0}^T K_t(1 + 1,12)^{t-1}} = 4,23$$

Выводы по разделу 3

Приведена апробация разработанных модели и алгоритма поиска пострадавших, технология применения модели и алгоритма поиска на одном из объектов защиты. Мероприятия, предлагаемые к реализации, являются необходимыми затратами на обеспечение безопасности жилого дома. Сравнив с произведенными затратами, показан экономический эффект и срок окупаемости (1,2).

По результатам расчетов сделаны выводы об эффективности:

– индекс доходности, $ИД > 1$, проект эффективен.

Заключение

В разделе 1 были исследованы технологии и методы поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах, приведены основы проведения аварийно-спасательных работ, определены перспективные технологии и методы поиска и спасения людей.

В ходе проделанной работы были исследованы технологии и методы поиска пострадавших при различных чрезвычайных ситуациях и пожарах, приведены основы проведения аварийно-спасательных работ, определены перспективные технологии и методы поиска и спасения людей.

Основы проведения аварийно-спасательных работ базируются на теоретических сведениях нормативно-правовой документации, методических рекомендаций проведения АСР и опыта практических тренировок в условиях угрозы ЧС. Здесь важен факт принятия решения о масштабе ЧС, выборе привлекаемых человеческих и технических ресурсов.

Сложность выполнения аварийно-спасательных работ зависит от множества факторов. Характер и масштаб самой ЧС (природная, техногенная, биолого-социальная), время года и суток, географическое положение и климатические условия, наличие пострадавших и их состояние, доступность зоны бедствия – все это оказывает непосредственное влияние на организацию и проведение АСР [14].

Проведение АСР – это особый вид работ, при котором необходимо наличие специальной подготовки, а также наличие технического оснащения и экипировки.

Рассмотрены современные технологии, такие как БПЛА, геолокация и использование мобильных приложений, которые открывают новые горизонты в повышении эффективности этих операций и позволяют быстрее реагировать на возникающие угрозы.

В разделе 2 предложено использование беспилотного летательного аппарата для поисковых и спасательных операций [21], а также устройство

информационной поддержки поиска пострадавших [22]. На рисунках данного раздела разработаны алгоритмы поиска пострадавших при пожаре в многоквартирном жилом доме различными методами (блок-схема, диаграмма компонентов). Таким образом, с помощью алгоритмов возможен процесс оптимизации поиска пострадавших. Разработка модели и алгоритма поиска пострадавших является сложной задачей, требующей комплексного подхода, объединяющего различные дисциплины. Разработан алгоритм поиска, который должен оптимизировать процесс обнаружения пострадавших. Алгоритм поиска в виде схемы с учетом особенностей различных ЧС и пожаров разработан с помощью программного обеспечения Python с учетом особенностей (пожар, наводнение, землетрясение, лавина). В процессе разработки необходимо проводить тестирование и валидацию модели и алгоритма на основе исторических данных или смоделированных сценариев, чтобы оценить их эффективность и выявить возможные недостатки.

В разделе 3 приведена апробация разработанных модели и алгоритма поиска пострадавших, технология применения модели и алгоритма поиска на одном из объектов защиты. Мероприятия, предлагаемые к реализации, являются необходимыми затратами на обеспечение безопасности жилого дома. Сравнив с произведенными затратами, показан экономический эффект и срок окупаемости (1,2).

По результатам расчетов сделаны выводы об эффективности:

– индекс доходности, $ИД > 1$, проект эффективен.

Список используемых источников

1. Аварийная разведка и спасение пожарных в США [Электронный ресурс]. URL: <https://aocss.ru/wp-content/uploads/downloads/2013/11/RIT.pdf> (дата обращения: 12.02.2025).
2. Алгоритм работы при проведении поисково-спасательных мероприятий по поиску пропавших людей [Электронный ресурс]. URL: <https://sudact.ru/law/metodicheskoe-rukovodstvo-po-organizatsii-vzaimodeistviia-territorialnykh-organov/metodicheskoe-rukovodstvo/3/3.3/algorithm-raboty-pri-provedenii-poiskovo-spasatelnykh/> (дата обращения: 12.02.2025).
3. Антонов С.В., Бутко В.С., Зыков В.И. Система персонального поиска людей при пожарах и чрезвычайных ситуациях // Безопасность труда. 2021. №3. С. 29-34.
4. Иванов Ю. И., Голик А. С., Мамонтов А. С., Бесперстов Д. А. Пожарная безопасность: учеб. пособие для студентов вузов. М. : Астрель ; Тверь : АСТ, 2020. 319 с. (Высшая школа).
5. Козлов М. В. К проблемам обеспечения пожарной безопасности зданий // Молодой ученый. 2020. № 47 (337). С. 60-62.
6. Методика оценки ущерба, причиненного квартирам (жилым помещениям) в результате чрезвычайных событий природного и техногенного характера (пожаров, аварий, взрывов, стихийных бедствий) [Электронный ресурс]. URL: <https://api.soglasie.ru/storage/media/originals/2347/b8d4ed88-8dae-4b74-98ce-02cc32dcd4d7.pdf/> (дата обращения: 01.02.2025).
7. Методические рекомендации по действиям подразделений федеральной противопожарной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ от 26.05.2010 № 43-2007-18 (ред. от 19.10.2023) [Электронный ресурс]. URL: <https://legalacts.ru/doc/metodicheskie-rekomendatsii-po-deistvijam-podrazdelenii-federalnoi-protivopozharnoi-sluzhby-pri/> (дата обращения: 16.02.2025).

8. Методические рекомендации по порядку проведения испытаний расчетов поисковой кинологической службы МЧС России (утв. МЧС России 16 июня 2021 г. № 2-4-71-8-17) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401452056/> (дата обращения: 16.02.2025).

9. Методические рекомендации по созданию, оснащению, подготовке и применению нештатных аварийно-спасательных формирований и нештатных формирований по обеспечению выполнения мероприятий по гражданской обороне (утв. МЧС России 2 декабря 2021 г. № МР-ВЯ-1) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403166692/> (дата обращения: 16.02.2025).

10. Модели, методы и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений при поиске обнаружении пострадавших под завалами, образующимися в результате чрезвычайных ситуаций, аварий, пожаров и взрывов [Электронный ресурс]. URL: <https://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-5/19-05-13.ttb.pdf> (дата обращения: 16.02.2025).

11. Модели и алгоритмы поддержки принятия управленческих решений при поиске пострадавших под завалами [Электронный ресурс]. URL: https://new-disser.ru/_avtoreferats/01006764943.pdf (дата обращения: 16.02.2025).

12. Николенко С.Д. Организация и ведение аварийно-спасательных работ: лаб. практикум для студ. напр. подготовки 20.03.01 (280700.62) «Техносферная безопасность» Воронежский ГАСУ. Воронеж, 2015. 90 с.

13. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 № 794 (ред. от 17.01.2024). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=465367> (дата обращения: 16.02.2025).

14. О защите населения и территории от ЧС природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 68 (ред. от 08.08.2024). URL:

<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=480215> (дата обращения: 16.02.2025).

15. О классификации ЧС природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 21.05.2007 № 304 (ред. от 11.09.2024). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=478868> (дата обращения: 16.02.2025).

16. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 69 (ред. от 19.10.2023). URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-69-FZ/> (дата обращения: 16.02.2025).

17. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей [Электронный ресурс] : Федеральный закон РФ от 22.08.1995 № 151 (ред. от 14.07.2022). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=428107> (дата обращения: 16.02.2025).

18. Об установлении критериев информации о ЧС природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 05.07.2021 № 429 (ред. от 10.01.2024). URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mchs-rossii-ot-05072021-n-429-ob-ustanovlenii/> (дата обращения: 12.02.2025).

19. Об утверждении боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 16.10.2017 № 444. URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-MCHS-Rossii-ot-16.10.2017-N-444/> (дата обращения: 12.02.2025).

20. Об утверждении правил противопожарного режима в РФ [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 г. № 1479 (ред. от 31.12.2020). URL: <https://www.zakonrf.info/postanovlenie-pravitelstvo-rf-1479-16092020/> (дата обращения: 12.02.2025).

21. Пат. 181691 Российская Федерация. Беспилотный летательный аппарат для поисковых и спасательных операций / Русскин А.В.; заявл. 04.10.2017; опубл. 26.07.2018. [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU181691U1_20180726 (дата обращения: 01.02.2025).

22. Пат. 199887 Российская Федерация. Устройство информационной поддержки поиска пострадавших / Кузнецов А.В.; заявл. 25.06.2020; опубл. 24.09.2020. [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU199887U1_20200924 (дата обращения: 11.02.2025).

23. Поиск пострадавших на пожаре [Электронный ресурс]. URL: https://studref.com/638196/bzhd/poisk_postradavshih_pozhare (дата обращения: дата обращения: 10.02.2025).

24. Приборы поиска пострадавших в ЧС [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/8961199/page:27/> (дата обращения: 12.02.2025).

25. Проведение АСР в поврежденных (разрушенных) зданиях и сооружениях [Электронный ресурс]. URL: https://fireguys.ru/metodicheskie_plany/avariino-spasatelnye-raboty/provedenie-asr-v-povrezhdennyh-razrushennyh-zdaniyah-i-sooruzhenijah.html (дата обращения: 12.02.2025).

26. Работа по поиску пострадавших в зоне чрезвычайной ситуации [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.ru/24_6988_tema-rabota-po-poisku-postradavshih-v-zone-chrezvichaynoy-situatsii.html (дата обращения: 12.02.2025).

27. Родионов П.В., Журавлев В.А. Организация и ведение аварийно-спасательных, поисковых и других неотложных работ силами и средствами РСЧС П.В. Родионов, Журавлев В.А.; Юргинский технологический институт; 1-е изд. Юрга: изд-во типография ООО «Медиасфера», 2021. 217 с.

28. Статистический анализ поисково-спасательных работ в условиях чрезвычайных ситуаций и пожаров [Электронный ресурс]. URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article8090> (дата обращения: 12.02.2025).

29. Тактика тушения пожаров и проведения спасательных работ в поврежденных зданиях и сооружениях [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net/preview/9608802/page:12/> (дата обращения: 12.02.2025).

30. Терещнев В.В. Пожарная тактика Часть 1. Основы тушения пожаров : учеб. пособие для студентов. М. : Новая техника ; Москва : НТ, 2006. 256 с. (Высшая школа).

31. Технические средства поиска пострадавших при пожарах и чрезвычайных ситуациях. [Электронный ресурс] : Свод правил от 28.07.2020 (ред. от 29.07.2017). - URL: <http://lib.secuteck.ru/articles2/firesec/tehnicheskie-sredstva-poiska-postradavshih-pri-pozharah-i-chrezvychaynyh-situatsiyah> (дата обращения: 12.02.2025).

32. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон №123 (ред. от 25.12.2023). URL: <https://legalacts.ru/doc/FZ-Teh-reglament-o-trebovaniyah-pozharnoj-bezopasnosti/> (дата обращения: 12.02.2025).

33. Топольский Н. Г., Мокшанцев А. В., Тхань До Хоанг (Россия, Вьетнам). Модель и алгоритм поиска пострадавших при чрезвычайных ситуациях и пожарах с использованием диаграммы вороного // Технологии техносферной безопасности. 2019. №4 (86). С. 53-61. [Электронный ресурс] : Федеральный закон №123 (ред. от 25.12.2023). URL: <https://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-5/19-05-13.ttb.pdf> (дата обращения: 03.05.2025).

34. Родионов П.В., Журавлев В.А. Р60 Организация и ведение аварийно-спасательных, поисковых и других неотложных работ силами и средствами РСЧС П.В. Родионов. Журавлев В.А.; Юргинский технологический институт; 1-е изд. Юрга: изд-во типография ООО «Медиасфера», 2018. 217с.

35. Шойгу С. К., Фалеев М. И., Кириллов Г. Н. 2-е изд., перераб. и доп. Краснодар: «Сов. Кубань», 2002. 528 с.

36. Этапы поисково-спасательных работ. Поиск пострадавших [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.ru/11_104965_etapi-poiskovo-spasatelnih-rabot-poisk-postradavshih.html (дата обращения: 12.02.2025).
37. Cheng Y., Bai H., Li Z., Zhang Y., Chen L., Chen K. Information inversion and dynamic analysis of video-driven fire detection based on object-oriented segmentation.
38. Fire alarm system design with Safety Systems Designer [Электронный ресурс]. URL: <https://www.boschsecurity.com/xc/en/solutions/fire-alarm-systems/fire-alarm-system-design/> (дата обращения: 12.02.2025).
39. Fire Protection Technology [Электронный ресурс] : URL: <https://www.usfa.fema.gov/prevention/technology/> (дата обращения: 12.02.2025).
40. Fire technology news & articles [Электронный ресурс]. URL: <https://www.firerescue1.com/fire-products/technology/articles/> (дата обращения: 12.02.2025).
41. NFPA 551. Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments, National Fire Protection Association (NFPA), Quincy, MA, USA, 2010 Edition.
42. SFPE Engineering Guide. Fire Risk Assessment, Society of Fire Protection Engineers (SFPE), Bethesda, MD, USA, 2006.