

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 Совершенствование системы мониторинга пожарной опасности,
применение эффективных способов и методов противопожарной защиты
населенных пунктов

Обучающийся

К.Е. Правдин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.х.н., доцент И.А. Сумарченкова

(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 2023

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	7
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Анализ необходимости применения систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов.....	9
1.1 Нормативно-правовое обеспечение вопросов применения современных систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов.....	9
1.2 Анализ современных систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов	17
2 Оценка эффективности применения современных систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов	32
2.1 Показатели оценки эффективности систем и технологий обеспечения пожарной безопасности.....	32
2.2 Оценка эффективности применяемых систем и технологий для обеспечения пожарной безопасности и средств мониторинга населенных пунктов	36
3 Разработка технического решения по совершенствованию системы мониторинга пожарной опасности и методов противопожарной защиты населенных пунктов.....	48
3.1 Совершенствование автоматической установки мониторинга и противопожарной защиты населенных пунктов.....	48
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мер по обеспечению техносферной безопасности.....	60
Заключение	65
Список используемых источников.....	71

Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования обуславливается тем, что, существует реальная проблема организации мониторинга пожаров на территории районов Елховский и Кошкинский.

Пожары особенно опасны в населенных пунктах, расположенных в лесных массивах (хуторах, поселках, деревнях и т.д.) поскольку пожар может перекинуться на лесной массив и загореться лес. Поэтому для населенных пунктов, расположенных в лесных массивах, необходим более жесткий мониторинг пожарной опасности.

Во многих населённых пунктах имеются леса, например: городской округ Тольятти, городской округ Жигулёвск (на его территории вообще находится Жигулёвский заповедник). Посёлки Борское и Немчанка расположены на территории национального парка Бузулукский Бор. В некоторых случаях пожар приводит к гибели жителей населенных пунктов. Например, пожары в Тольятти и Жигулёвске в 2010, 2018 и 2021 годах угрожали жилым кварталам. 21 августа 2021 года пожар с территории леса перешел на населённый пункт Гвардейцы Борского района, после распространился на Бузулукский бор и населенные пункты Борское и Немчанка (пламя уничтожило 16 строений, в том числе 8 жилых домов).

Мониторинг пожарной опасности населенных пунктов, если брать жилые кварталы или улицы, организован на сегодняшний день в соответствии с требованиями законодательства в области обеспечения пожарной безопасности, а вот с мониторингом наиболее пожароопасной части населённых пунктов – леса и парки очень большие проблемы.

Раннее обнаружение и точный мониторинг пожаров, возникающих в населённых пунктах, расположенных на территории лесных массивов, за счёт своевременного принятия необходимых и быстрых действий вовремя ликвидируется.

Объект исследования: пожарная безопасность населенных пунктов.

Предмет исследования: системы мониторинга пожарной опасности и противопожарной защиты населенных пунктов.

Цель исследования – совершенствование системы мониторинга пожарной опасности, применение эффективных способов и методов противопожарной защиты населенных пунктов.

В соответствии с поставленной в дипломной работе целью, определены следующие задачи:

- изучить нормативно-правовое обеспечение вопросов применения современных систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов;
- провести анализ современных систем мониторинга пожарной опасности;
- проанализировать показатели оценки эффективности систем и технологий обеспечения пожарной безопасности;
- провести оценку эффективности применяемых систем и технологий для обеспечения пожарной безопасности населенных пунктов;
- проанализировать пути совершенствования автоматической установки мониторинга и противопожарной защиты населенных пунктов;
- разработать техническое решение по совершенствованию системы мониторинга пожарной опасности и методов противопожарной защиты населенных пунктов;
- провести анализ и оценка эффективности предлагаемых мер по обеспечению техносферной безопасности.

Гипотеза исследования состоит в том, что путём анализа эффективности применения современных систем мониторинга пожарной опасности будут разработаны мероприятия по обеспечению безопасности населённых пунктов.

Теоретико-методологическую основу исследования составили: показатели эффективности систем мониторинга пожарной опасности и

средств противопожарной защиты населенных пунктов.

Методы исследования: анализ статистических показателей эффективности систем мониторинга пожарной опасности в лесных массивах.

Опытно-экспериментальная база исследования: районы Елховский и Кошкинский Самарской области.

Научная новизна исследования заключается в создании современной системы мониторинга пожарной опасности в населённых пунктах, имеющих в своих границах лесные массивы и лесопарки.

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в разработке мероприятий, направленных на обеспечение мониторинга пожарной опасности, применение эффективных способов и методов противопожарной защиты населенных пунктов.

Достоверность и обоснованность результатов: выполнен анализ современных систем мониторинга пожарной опасности.

Личное участие автора в организации и проведении занятий по решению пожарно-тактических задач с подразделениями пожарной охраны Главного управления МЧС России по Самарской области и сотрудниками Отдела надзорной деятельности и профилактической работы по муниципальным районам Елховский и Кошкинский управления надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по Самарской области.

На защиту выносятся:

- пути совершенствования автоматической установки мониторинга и противопожарной защиты населенных пунктов;
- предложенное техническое решение по совершенствованию системы мониторинга пожарной опасности.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, трёх разделов, заключения, содержит 11 рисунков, 1 таблицу, список используемых источников (38 источников). Основной текст работы изложен на 77 страницах.

Термины и определения

В настоящей работе применяются следующие термины с соответствующими определениями.

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

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

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

Система пожарной безопасности – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на предотвращение пожара и ущерба от него.

Система предотвращения пожара – комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на исключения условий возникновения пожара.

Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе применяются следующие сокращения:

АП – аналогичный период.

БПЛА – беспилотный летающий объект.

ВВП – валовой внутренний продукт.

ИК – инфракрасная камера.

ОИВ – органы исполнительной власти.

ОМСУ – органы местного самоуправления.

ОПУ – органы повседневного управления.

ОФП – опасные факторы пожара.

ПБ – пожарная безопасность.

РСЧС – Единая государственная система предупреждения чрезвычайных ситуаций.

СП – свод правил.

УКМП – универсальный комплекс мониторинга параметров.

ФиТП – функциональная и территориальная подсистема.

ФОИВ – федеральные органы исполнительной власти.

ЧЛС – чрезвычайные лесопожарные ситуации.

ЧС – чрезвычайная ситуация.

ЮВА – юго-восточная азия.

WSNS – беспроводные сенсорные сети.

FFSS – южнокорейская система наблюдения за лесными пожарами.

GPS – (англ. Global Po

1 Анализ необходимости применения систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов

1.1 Нормативно-правовое обеспечение вопросов применения современных систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов

Нормативно-правовое обеспечение вопросов применения современных систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов:

- информационное письмо МЧС России по вопросам обучения мерам пожарной безопасности;
- Приказ МЧС России от 18.11.2021 г. № 806 «Об определении Порядка, видов, сроков обучения лиц, осуществляющих трудовую или служебную деятельность в организациях, по программам противопожарного инструктажа, требований к содержанию указанных программ и категорий лиц, проходящих обучение по дополнительным профессиональным программам в области пожарной безопасности» [3];
- Приказ МЧС России от 5 сентября 2021 г. № 596 «Об утверждении типовых дополнительных профессиональных программ в области пожарной безопасности» [4];
- Правила противопожарного режима в Российской Федерации. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Об утверждении Правила противопожарного режима в Российской Федерации» [5];
- Постановление правительства РФ №1131 от 28.07.2020 г. «Об утверждении Положения о лицензировании деятельности по тушению пожаров в населенных пунктах, на производственных

- объектах и объектах инфраструктуры» [6];
- Постановление правительства РФ №1128 от 28.07.2020 г. «Об утверждении Положения о лицензировании деятельности по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений» [7];
 - Федеральный закон № 123-ФЗ (в ред. Федеральных законов от 10.07.2012 № 117-ФЗ, от 02.07.2013 № 185-ФЗ, от 23.06.2014 № 160-ФЗ, №538-ФЗ от 27.12.2018, № 276-ФЗ от 14.07.2022) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [32];
 - Технический регламент Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017) [13];
 - Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 01.07. 2021 Федеральных законов №168-ФЗ и № 170-ФЗ) «О пожарной безопасности» [11];
 - Свод правил СП 1.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» [21];
 - Свод правил СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» [22];
 - Свод правил СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре» [23];
 - Свод правил СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям» [24];
 - Свод правил СП 6.13130.2021 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование» [25];
 - Свод правил СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования» [14];

- Свод правил СП 8.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения» [26];
- Свод правил СП 9.13130.2009 «Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации» [31];
- Свод правил СП 10.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования» [27];
- ГОСТ Р 58202-2018 «Производственные услуги. Средства индивидуальной защиты людей при пожаре. Нормы и правила размещения и эксплуатации. Общие требования» [18];
- ГОСТ Р 58853-2020 «Производственные услуги. Добровольная пожарная охрана. Общие требования» [19];
- Свод правил СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования» [28];
- Свод правил СП 486.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности» [29];
- Свод правил СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» [30];
- Постановление Правительства РФ от 28.05.2021 № 815 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», и о признании утратившим силу постановления Правительства Российской

Федерации от 4 июля 2020 г. № 985» [8];

- Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 16.03.2020 № 171 «Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по предоставлению государственной услуги по регистрации декларации пожарной безопасности и формы декларации пожарной безопасности» [9].

В соответствии с Федеральным законом от 21 декабря 1994 г. №68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [10] разработано Постановление Правительства Российской Федерации от 24 марта 1997 №334 «О порядке сбора и обмена в Российской Федерации информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», где определены основные правила сборов и обмена информацией между федеральными органами исполнительной власти (далее – ФОИВ), органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации (далее – ОИВ), органами местного самоуправления (далее – ОМСУ) и организациями [12].

Информация о рисках возникновения чрезвычайных ситуаций (далее – ЧС) представляется в МЧС России.

В соответствии с Федеральным законом №68-ФЗ координация деятельности органов повседневного управления (далее – ОПУ) функциональной и территориальной подсистемы (далее – ФиТП) Единой государственной системы предупреждения чрезвычайных ситуаций (далее – РСЧС) и гражданской обороны осуществляется ОПУ соответствующих уровней, которые находятся в ведении МЧС России. Они имеют право на решение задач в области защиты населения и территорий от чрезвычайных

ситуаций в порядке, установленном законодательством Российской Федерации.

С учетом указа Президента Российской Федерации «868 «Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» в МЧС России разработано и утверждено Положение о системе информационного обмена в рамках РСЧС (далее – Положение).

ФОИВ приводит в соответствие ведомственные нормативные акты, регламентирующие сбор и обмен информацией и представление её в МЧС России.

Согласно положению системы информационного обмена образуют субъекты информационно-телекоммуникационного взаимодействия, в роли которых выступают постоянно действующие органы управления РСЧС на федеральном и межрегиональном уровне, информационно-телекоммуникационная система защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Опубликованные информационные ресурсы включают информацию о прогнозируемых и (или) возникших чрезвычайных ситуациях, сведения об участии сил РСЧС в предупреждении или ликвидации чрезвычайных ситуаций. Эти сведения необходимы для заблаговременного планирования мероприятий по предотвращению и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Информационные ресурсы включают:

Согласно Положению, обеспечению деятельности ФитП РСЧС в различных режимах функционирования при угрозах и фактах возникновения чрезвычайных ситуаций, разрабатываются электронные паспорта территорий (объектов) (далее – Паспорта).

За исключением положений Федерального закона о информационном обеспечении деятельности ФитП РСЧС на всех уровнях, организация работы с Паспортами должна осуществляться в пределах ранее установленной штатной численности министерств и ведомств, которые входят в состав

РСЧС. Это не требует определения дополнительных бюджетных расходов или источников финансирования.

Предполагаемые данные для прогнозирования последствий ЧС – это: общая информация о субъекте Российской Федерации (муниципальном образовании) и объектах экономики, местоположение объектов с опасными веществами, их количество и тип защитных сооружений. Характер местности, характер погоды, погода в районе возникновения ЧС и другая информация для оценки возможных последствий ЧС.

Рассчитывается последствия, которые могут быть получены при максимальных показателях (наихудшем сценарии развития) по всем рискам и источникам ЧС.

С 1 января 2017 года в России действует ГОСТ Р 56935-2016 Производственные услуги. Услуги по построению системы мониторинга автоматических систем противопожарной защиты и вывода сигналов на пульт централизованного наблюдения «01» и «112» (далее – ГОСТ Р 56935-2016) [20].

ГОСТ 56935-2016 определяет порядок выполнения работ по проектированию, монтажу и наладке автоматических систем противопожарной защиты и системы вывода сигналов на пульт централизованного наблюдения «01» и «112» [20].

Система мониторинга – это совокупность технических средств и каналов связи в составе централизованной автоматизированной системы передачи извещений о происходящих (возникающих) пожарах, тревогах или чрезвычайных ситуациях.

Согласно ГОСТ Р 56935-2016 система мониторинга должна быть предназначена для решения следующих задач:

- сбор информации от внутриобъектовых систем противопожарной защиты (системы автоматической пожарной и охранной сигнализации, исполнительные устройства, системы контроля аварий и интегрированных систем безопасности потенциально

- опасных объектов и объектов жизнеобеспечения населения;
- подача извещений по каналам связи системы мониторинга на пульт централизованного наблюдения «01» и «112» в срок;
- автоматический контроль работоспособности внутриобъектовых систем противопожарной защиты;
- постоянное отслеживание надежности радиоканала системы мониторинга и автоматический переход на дублирующий канал связи.

ГОСТ Р 56935-2016 обеспечивает решение общей задачи организаций и подразделений МЧС России по построению системы мониторинга пожаров и чрезвычайных ситуаций в целях предотвращения угрозы причинения вреда жизни, здоровью людей и их имуществам.

В соответствии со статьей 19 Федерального закона от 21.12.1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности» к полномочиям органов местного самоуправления в области пожарной безопасности относится:

- обеспечение первичных мер противопожарной защиты на территориях поселений;
- составление и принятие постановлений (распоряжений, приказов), распоряжений, решений;
- организация мер пожарной безопасности в муниципальном образовании;
- создание добровольной пожарной команды;
- решения о порядке применения первичных средств пожаротушения в жилых домах граждан и правила его использования при возникновении пожара;
- другие решения в области пожарной безопасности в пределах своих полномочий;
- разработка плана обеспечения пожарной безопасности в границах населенных пунктов поселения с включением противопожарных мероприятий, сроков их исполнения и возможных финансовых

расходов;

- проектирование и исполнение соответствующих бюджетов в части расходов на пожарную безопасность, включая расходы по содержанию добровольной пожарной дружины (команд);
- установление особого противопожарного режима в летнее время, когда погода стабильна сухая и жаркая, при получении штормового предупреждения;
- организация пожарной безопасности и пропаганда в области противопожарной защиты [11].

Когда в границах населенных пунктов поселений по решению органов местного самоуправления разведение костров, проведение пожароопасных работ на определенных участках и топка печей для приготовления пищи может временно приостанавливаться.

Кроме того, в этих случаях необходимо организовать силами местного населения и членов добровольных пожарно-спасательных формирований патрулирование в границах населенных пунктов поселений с первичными средствами пожаротушения. Провести соответствующую разъяснительную работу о мерах пожарной безопасности и действиях при пожаре.

В области пожарной безопасности следует проводить пропаганду в виде раздачи листовок, при посещении населением почтовых узлов связи и магазинов с лекарственными средствами. На сходах граждан граждане получают наряды на работу.

На территориях, расположенных в границах населенных пунктов поселения, должны устанавливаться средства звуковой сигнализации для оповещения людей о пожаре.

Звуковой сигнализацией можно управлять электрическим и механическим способом (с использованием колокола, куска рельсы, пустого газового баллона и прочее).

Население должно быть обеспечено исправной телефонной или радиосвязью для сообщения о пожаре в пожарной охране. Также линия связи

01 не может быть отключена или переводиться в таксофонах на платное обслуживание.

1.2 Анализ современных систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов

Нештатная ситуация, сложившаяся в Центральном регионе России в связи с аномальной жарой, обнажила проблемы в системе прогнозирования, упреждения и тушения пожаров. Это и сложность долгосрочных прогнозов погоды и огромная площадь пожароопасных осушенных торфяников, недостаточное для таких масштабов количество разнообразных средств пожаротушения. В то же время важно отметить, что очень часто тормозятся и не находят внедрение интересные инновационные разработки российских учёных в этой области.

Во многом сложившееся положение дел связано и с отсутствием современной наземной системы мониторинга и предупреждения пожаров на территории населенных пунктов, соответствующей актуальным техногенным и природным факторам, влияющим на процесс возникновения пожаров. По статистическим данным специалистов более 93 процентов пожаров на территории населенных пунктов происходят в результате деятельности человека (антропогенного фактора). В случае снижения воздействия антропогенного фактора возможно существенно снизить количество вновь возникающих пожаров.

В соответствии с Российским и международным опытом наиболее эффективными мерами для снижения количества пожаров на территории населенных пунктов являются профилактические меры. При реализации профилактических мер по результатам мониторинга пожарной опасности погоды удаётся сократить количество пожаров на 20-50%. Поэтому во всех странах, сталкивающихся с пожарами на территории населенных пунктов, существуют системы прогнозирования пожаров на основе оценки пожарной

опасности населенных пунктов по условиям погоды. Австралия использует показатель пожарной опасности FFDM, Канада, Новая Зеландия, Фиджи, Мексика, Аляска, Флорида, Мичиган, Хорватия, страны ЮВА – используют систему оценки пожарной опасности CFFDRS. В США также используется национальная система оценки пожарной опасности NFDRS.

В Отделе надзорной деятельности и профилактической работы по муниципальным районам Елховский и Кошкинский управления надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по Самарской области обеспокоены проблемами мониторинга пожаров на территории районов Елховский и Кошкинский.

Пожары стали серьезной угрозой во всем мире, оказывая множество негативных воздействий на среду обитания человека и экосистемы. Интересно, что более высокий процент ландшафтных пожаров возникает из-за деятельности человека. Поэтому, чтобы свести к минимуму разрушения, причиняемые пожарами, необходимо обнаруживать пожары в лесопарках населённых пунктов на их начальной стадии.

Обнаружение пожаров было в центре внимания многих исследователей в течение последнего десятилетия из-за увеличения числа сообщений о случаях природных пожаров со всего мира из-за серьезного ущерба обществу и окружающей среде.

В прежние времена пожары обнаруживались с помощью сторожевых вышек, которые были неэффективны, поскольку основывались на наблюдениях человека.

В недавней истории и даже в наши дни было внедрено несколько методов обнаружения пожаров, таких как сторожевые вышки, методы обработки спутниковых изображений, оптические датчики и методы на основе цифровых камер, хотя существует много недостатков, таких как неэффективность, энергопотребление, задержка, точность и затраты на внедрение.

Многие исследователи сосредоточились на параметрах окружающей

среды, таких как температура воздуха, относительная влажность, атмосферное давление, звук, интенсивность света, влажность почвы, а также скорость и направление ветра, наряду с газами, такими как CO, CO₂, метан, H₂ и углеводороды, помимо дыма, для определения условий пожаров, учитывая изменения этих параметров во время пожара и датчики были выбраны в соответствии с дальностью действия, чувствительностью, потребляемой мощностью и стоимостью.

Было предложено множество методов обнаружения пожаров, таких как системы на основе камер, системы на основе WSN и системы на основе приложений машинного обучения, как с положительными, так и с отрицательными аспектами и показателями эффективности обнаружения. Благодаря более высокой вероятности точного и раннего обнаружения благодаря использованию нескольких датчиков и размещению сенсорных узлов в областях, невидимых для спутников, беспроводные сенсорные сети имеют более позитивные перспективы, и они стали более применимой технологией во многих областях.

Поскольку подача питания на узел датчика является сложной задачей в районах с отсутствием электричества, использование только вариантов батарей затруднено, поскольку они служат недолго, а распределение энергии с помощью провода потребует более высоких затрат для развертывания в большом лесопарке. Поэтому многие исследователи предложили системы на солнечных батареях в качестве вторичных источников энергии наряду с аккумуляторными батареями в качестве основного источника питания, в то время как некоторые исследователи предложили солнечные батареи, потому что они служат дольше.

Для устранения многих недостатков в Австралии предлагается система обнаружения пожаров с использованием беспроводных сенсорных сетей.

Беспроводные сенсорные сети (WSNS) – это самонастраивающиеся и не требующие инфраструктуры беспроводные сети, которые помогают отслеживать физические условия или условия окружающей среды и

передавать эти данные по сети в назначенное местоположение или приемник, где данные могут наблюдаться и анализироваться. Эффективность и низкое энергопотребление являются основными преимуществами WSN.

В системе обнаружения беспроводные сенсорные узлы развернуты в соответствии с архитектурой сотовой связи, чтобы покрыть всю область датчиками для контроля температуры, относительной влажности, уровня интенсивности света и уровня монооксида углерода (CO) с использованием микроконтроллера, модуля приемопередатчика и компонентов питания [15].

Узел датчика имеет сферическую форму, чтобы выдерживать внешние воздействия, и характеристики, предотвращающие повреждение из-за суровых условий, преобладающих в лесопарках (рисунок 1).



Рисунок 1 – Датчик сенсорный

Узел датчика используется для определения температуры, влажности, уровня интенсивности света и уровня CO, которые определяются с нижней стороны узла, обращенной вниз (рисунок 2).



Рисунок 2 – Узел для определения температуры

Внутренняя часть узла выполнена в три слоя для размещения датчиков и модулей (рисунок 3).



Рисунок 3 – Внутренняя часть датчика

Самый верхний слой предназначен для размещения литий-ионной батареи, в то время как средний слой предназначен для размещения микроконтроллера, регулятора напряжения и соединительной платы. Самый нижний слой, который также является основанием узла, используется для крепления датчиков, которые используются для мониторинга условий окружающей среды, упомянутых выше. Все датчики закреплены лицевой стороной вниз, чтобы защитить их от вредного воздействия условий окружающей среды, таких как дождь, сильный ветер и такие предметы, как листья. Со стороны узла выполнено отверстие для вывода антенны приемопередатчика наружу. Монтажные кронштейны узла на стволе дерева и опоры соединены с задней стороны сенсорного узла (рисунок 4).



Рисунок 4 – Монтажные кронштейны

Электропитание сенсорного узла обеспечивается с использованием батарей в качестве основного источника питания, а в качестве вторичного источника питания используются солнечные панели. Эти сенсорные узлы специально разработаны со сферической формой, чтобы выдерживать повреждения, вызванные условиями окружающей среды, а также животными.

Показания датчика для каждого параметра проверяются с помощью заданного порогового значения и отношения, которое непрерывно вычисляется в узле в режиме реального времени, и только отношения, которые превышают заданное значение, отправляются с узла датчика на базовую станцию для дальнейшей аналитической обработки.

Сеть, используемая для этой передачи, построена в архитектуре древовидной топологии с учетом таких факторов, как низкое энергопотребление, уменьшенная задержка, меньшая сложность.

Кластерные головки используются в этой сети для сбора данных с нескольких сенсорных узлов и передачи их на базовую станцию или узел шлюза. Узел шлюза – это интерфейс, который соединяет сеть с процессом вторичного анализа.

Для сбора данных с сенсорных узлов на расстоянии более 100 м и для удобства связи сенсорные узлы организованы в кластеры. Каждый кластер имеет головную часть кластера, которая собирает данные с сенсорных узлов и передает их на узел шлюза.

Размещение кластерных головок также организовано в соответствии с архитектурой сотовой связи, где одна кластерная головка покрывает площадь круга радиусом 50 м с учетом максимальной дальности действия модуля приемопередатчика. Согласно расчетам, расстояние между двумя головками кластера составляет 86,66 м, и каждая головка кластера собирает данные со 100 сенсорных узлов.

Набор значений данных, отправляемых узлами датчиков при условии превышения порогового отношения, собирается соответствующими

головками кластера и передается шлюзу для дальнейшего анализа. Головка кластера, развернутая на расстоянии более 100 м от узла шлюза, может передавать данные через промежуточные головки кластера.

Чтобы свести к минимуму влияние спонтанных или случайных ошибок и ошибочных показаний датчиков, долгосрочный анализ паттернов выполняется с помощью алгоритма машинного обучения.

Приложение машинного обучения основано на методах множественной линейной регрессии, которые дают наиболее точные результаты в случае построения взаимосвязи между несколькими независимыми переменными и зависимыми переменными.

Для процесса анализа использована регрессионная модель машинного обучения наряду с анализом порогового соотношения для повышения точности обнаружения. Для процесса обучения и тестирования модели были собраны данные во время пожаров и ситуаций без пожаров в разных районах и в разных климатических условиях.

Был собран набор данных из 7000 образцов, где одна выборка данных включала значения температуры, относительной влажности, уровня интенсивности света и уровня CO в конкретном случае в пределах определенной климатической зоны.

Восемьдесят процентов собранных данных были случайным образом использованы в качестве обучающих данных для модели, а остальные 20% были использованы в качестве тестовых данных.

Эти образцы данных были собраны путем мониторинга ситуаций без пожаров, а также ситуаций с контролируемыми пожарами, которые создавались в различных климатических зонах в утренние, дневные и ночные часы, чтобы зафиксировать естественные изменения окружающей среды в течение всего года.

Метод K-средних был использован для разделения выборок данных на два кластера: пожар и отсутствие пожара, как показано на рисунке 5.



Рисунок 5 – Метод K-средних

Набор данных был обучен с использованием модели множественной линейной регрессии.

Данные, отправленные с сенсорных узлов после порогового анализа, собираются на узле шлюза и передаются в модель машинного обучения. Если после анализа обнаруживается пожарная ситуация, модель выдает выходные данные в виде пожарной ситуации вместе с областью, где она произошла. Затем, используя модуль SIM800L (четырёхдиапазонный GSM/GPRS модуль), размещенный на базовой станции.

Если результат модели машинного обучения указывает на пожар в определенной области, текстовое сообщение будет отправлено на номера мобильных телефонов уполномоченных сотрудников в ответственных подразделениях. Поскольку этот процесс разработан с минимальной задержкой, пожар может быть обнаружен на начальном этапе, и ответственные стороны могут предпринять необходимые действия за более короткий период, что сведет ущерб к минимуму.

Было установлено, что предлагаемая система обнаружения пожаров с использованием беспроводных сенсорных сетей и машинного обучения является эффективным методом обнаружения пожаров, который

обеспечивает более точные результаты. Здесь, чтобы получить более точный результат с наименьшей задержкой, анализ выполняется как внутри сенсорного узла, так и на базовой станции.

Для того чтобы система соответствовала любым погодным условиям, климатическим условиям или району, в сенсорном узле вводится пороговое соотношение для анализа. В случае развертывания узла он может быть смонтирован в любом месте, даже если нет предустановленного сетевого подключения, поскольку модуль приемопередатчика основан на выделенной встроенной сетевой инфраструктуре. Благодаря первичному источнику питания, обеспечиваемому аккумуляторными батареями со вторичным источником солнечной энергии, решение легко реализуется в качестве автономной системы в течение длительного времени.

Forest Watch – это еще одна система обнаружения пожаров. Эти системы работают в разных странах, таких как Южная Африка (83 башни), США (22 башни), Свазиленд (5 башен), Канада (4 башни), Чили (20 башен) и Словакия (4 башни), была развернута в Южной Африке и Намибии. Пожар надежно обнаруживается на расстоянии до 20 км, как показано на рисунке 6.

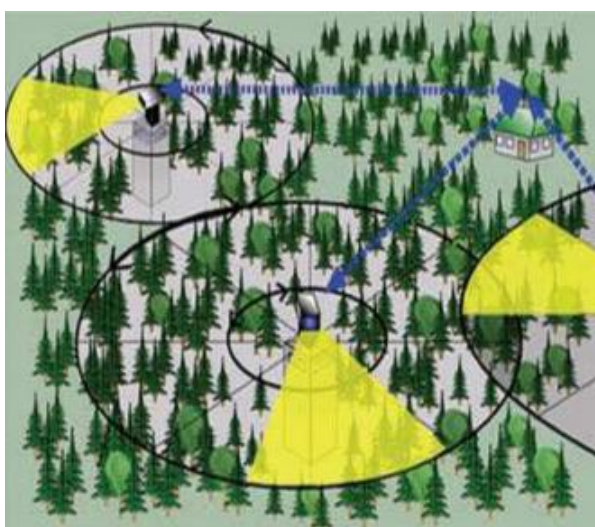


Рисунок 6 – Сеть обнаружения пожара

Беспроводная сенсорная сеть (WSN) является наиболее универсальной

областью исследований, благодаря использованию которой было проведено множество научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в различных аспектах и областях, одна из которых предназначена для мониторинга и обнаружения пожаров. Чжепинг [36] предложил беспроводную сенсорную сеть для обнаружения пожаров. В конструкции используется маломощная микросхема, которая повышает стабильность и уменьшает громкость. Бриджан [35] предложил принцип автономного обнаружения пожаров, основанный на разнице временного контраста с естественным фоном и пространственных характеристиках дымового столба. В этих моделях не был сделан акцент на энергоэффективной модели датчиков, поскольку датчики работают во взрывоопасных зонах и работают в течение длительного времени. Хартунг [37] в своей статье представил FireWxNet как многоуровневую портативную беспроводную систему для мониторинга погодных условий в суровых условиях пожаров.

Они использовали беспроводную сенсорную сеть для обнаружения пожара с помощью веб-камер. Проблема с этим заключается в качестве изображений, которое требует обработки изображений с использованием методов обработки изображений. Сон [38] предложил проект обнаружения пожара в южнокорейской системе наблюдения за пожарами (FFSS) с использованием беспроводных сенсорных сетей, подключенных к Интернету. В качестве протокола маршрутизации они использовали MCF (minimum cost path forwarding). Но проблемы заключаются в покрытии сети и локализации.

В беспроводной сенсорной сети в лесопарках развернуто несколько сенсорных узлов для мониторинга и измерения физических факторов. Собранные данные затем отправляются главному контроллеру центра мониторинга для анализа, а проанализированные результаты позже будут отправлены на базовую станцию для дальнейших действий.

Однако в России почти все системы мониторинга пожаров, которые используются сейчас, не предотвращают их возникновение, а отслеживают

развитие уже возникших пожаров.

Во время погони за высокотехнологичными средствами и системами мониторинга уже существующих пожаров практически полностью прекратилось внедрение систем для оценки пожарной опасности по условиям погоды, прогнозирующих возникновение пожара. Это при том, что согласно руководящим документам Рослесхоза каждая пожарно-химическая станция в лесопарке (таких станций может быть до 30-40 штук в лесничестве) должна быть оснащена прибором для определения пожарной опасности по условиям погоды. Без них невозможно избежать пожаров, поэтому не стоит принимать меры по предотвращению возгораний. В период высокой пожарной опасности в парках люди должны быть полностью исключены.

На базе ОКБ «Бурстройпроект» разработан универсальный комплекс мониторинга параметров (УКМП) техногенных и природных чрезвычайных ситуаций. С помощью комплекса мониторинга выпускается как стационарный вариант, так и мобильный.

Он предназначен для измерения метеоусловий на участке парка, температуры лесного покрова и информационного обеспечения системы мониторинга пожарной опасности по условиям погоды. Согласно УКМП создана система мониторинга пожарной опасности по условиям погоды.

При этом информация о погоде поступает в систему мониторинга пожарной опасности и прогнозирования чрезвычайных пожарных ситуаций (ЧПС).

Для обработки информации в системе мониторинга происходит обработка данных, прогнозирование пожаров с учетом таксационных параметров массивов парков и отображение уровня пожарной опасности участков инфраструктуры региона. Помимо этого в системе мониторинга пожарной опасности (подсистеме поддержки принятия решений) формируется список возможных действий подразделений, которые обеспечивают противопожарную безопасность региона.

ОКБ «Бурстройпроект» разработало иерархическую вероятностную

модель возникновения пожаров и чрезвычайных пожарных ситуаций при различных сочетаниях техногенных и природных факторов, которые приводят к возникновению пожаров. С помощью данной модели возможно учесть влияние различных природных факторов и обеспечить максимальную точность оценки вероятности возникновения пожара на участке лесопарка.

При выборе технического фактора в модели учитываются: ведение лесохозяйственной деятельности, наличие автомобильных или железных дорог, проходящих через участок, и поселения вблизи парка.

Природные факторы включают: природная пожарная опасность участка лесопарка, пожарная опасность по условиям погоды, грозовая активность и температура лесной подстилки (рисунок 7).

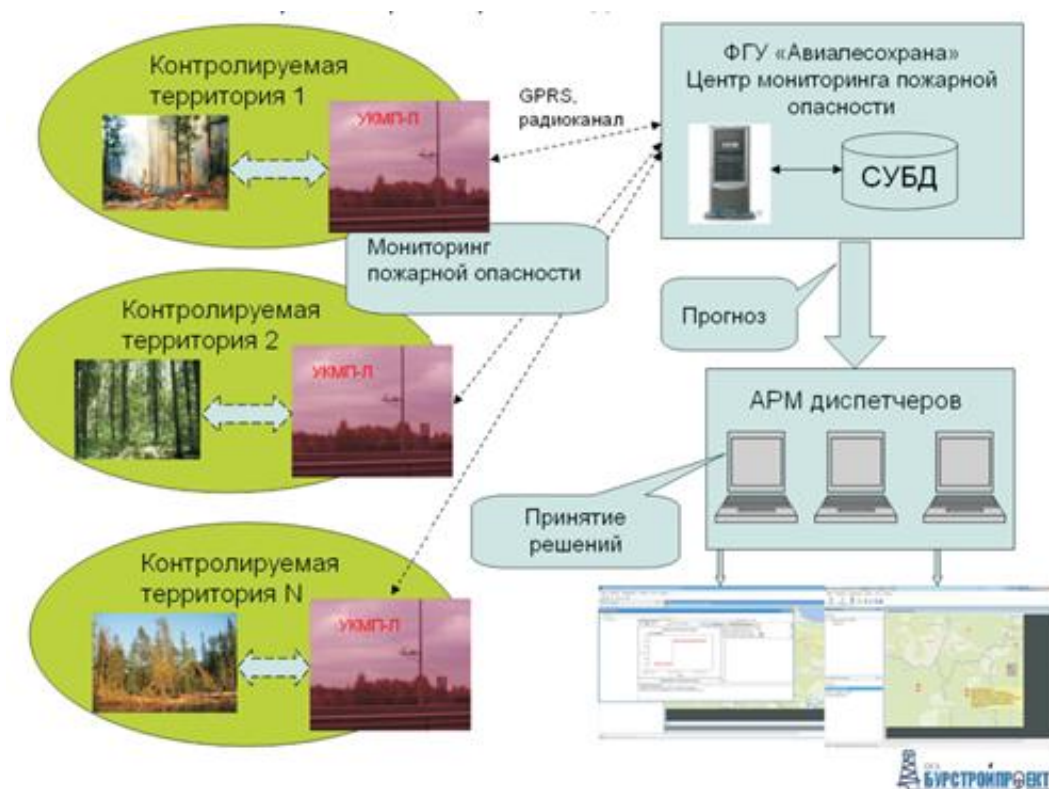


Рисунок 7 – Схема универсальных комплексов мониторинга пожаров

Предлагаемые универсальные комплексы мониторинга параметров и созданная на их основе система прогнозирования ЧЛС позволят за счет

принятия профилактических мер уменьшить количество пожаров минимум вдвое. При этом это позволит сохранить миллиарды рублей, которые были потеряны в результате природных пожаров и затраченные на ликвидацию этих пожаров.

Также стоит упомянуть ценовые характеристики предлагаемых технических решений, которые являются наиболее приемлемыми. В 2-4 раза дешевле зарубежных аналогов.

При внедрении систем контроля пожаров, а также реализации мониторинга пожарной опасности (снижение хозяйственной деятельности при повышенном уровне пожара), можно снизить вероятность возникновения пожаров на 20-50%. В России ущерб от возникших в 2021 году пожаров года составляет около 2% ВВП, т.е. 30 млрд. рублей по предварительным оценкам.

Выводы по разделу.

В разделе изучено нормативно-правовое обеспечение вопросов применения современных систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов и проведён анализ современных систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов.

Было определено, что в соответствии со статьей 19 Федерального закона от 21.12.1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности» к полномочиям органов местного самоуправления в области пожарной безопасности относится:

- обеспечение первичных мер противопожарной защиты на территориях поселений;
- разработка плана обеспечения пожарной безопасности в границах населенных пунктов поселения с включением противопожарных мероприятий, сроков их исполнения и возможных финансовых расходов;
- установление особого противопожарного режима в летнее время, когда погода стабильна сухая и жаркая, при получении штормового

предупреждения;

- организация пожарной безопасности и пропаганда в области противопожарной защиты.

Выяснено, что в Отделе надзорной деятельности и профилактической работы по муниципальным районам Елховский и Кошкинский управления надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по Самарской области обеспокоены проблемами мониторинга пожаров на территории районов Елховский и Кошкинский.

По результатам анализа современных систем мониторинга пожарной опасности можно сделать вывод, что обнаружение пожаров было в центре внимания многих исследователей в течение последнего десятилетия из-за увеличения числа сообщений о случаях пожаров со всего мира из-за серьезного ущерба обществу и окружающей среде.

Обычные методы, такие как патрулирование, сторожевые вышки, просты, но не эффективны. Проблемы, связанные с этими методами, заключаются в небрежности охранников, отсутствии на посту, невозможности мониторинга в режиме реального времени, ограниченном охвате территории. Спутниковый мониторинг является популярным и наиболее широко используемым методом, но он требует длительного цикла сканирования, и до его завершения огонь может распространяться неконтролируемым образом. Этот метод охватывает широкие области, но разрешение изображений низкое, и иногда облака и туманы могут маскировать изображения, что приводит к искажениям изображения.

В РФ ОКБ «Бурстройпроект» разработало перспективную модель возникновения пожаров и чрезвычайных пожарных ситуаций.

2 Оценка эффективности применения современных систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов

2.1 Показатели оценки эффективности систем и технологий обеспечения пожарной безопасности

Показатели эффективности систем и технологий обеспечения пожарной безопасности отражаются в статистике пожаров на территории населенных пунктов.

На территории Самарской области за период с 2017 года по 2021 год зарегистрировано 63843 пожара, в том числе:

- за 2017 – 2569 пожаров, а также 5022 загорания;
- за 2018 – 2761 пожар, а также 9199 загораний;
- за 2019 – 11279 пожаров;
- за 2020 – 10267 пожаров;
- за 2021 – 10258 пожаров.

От опасных факторов пожара погибли 727 человек, в том числе:

- за 2017 – 121 человек;
- за 2018 – 134 человека;
- за 2019 – 158 человек;
- за 2020 – 155 человек;
- за 2021 – 159 человек.

При пожарах получил травмы 941 человек, в том числе:

- за 2017 – 160 человек;
- за 2018 – 184 человека;
- за 2019 – 207 человек;
- за 2020 – 189 человек;
- за 2021 – 201 человек.

За период с 2017 по 2021 год по причине неосторожного обращения с огнем зарегистрировано 37228 пожаров, что составляет 58,3 % от общего количества пожаров, основными причинами пожаров также являются:

- нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования – 6075 пожаров (9,5 %);
- нарушение правил устройства и эксплуатации печей – 2179 пожаров (3,4 %);
- поджог – 1811 пожаров (2,8 %);
- нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств – 821 пожар (1,3 %).

За 2021 год на территории Самарской области зарегистрировано 10258 пожаров.

От опасных факторов пожара погибло 159 человек, в том числе 6 детей. По сравнению с аналогичным периодом 2020 года (далее – АП 2020 года), количество погибших увеличилось на 2,5 % (АП 2020 года – 155). Травмирован за 2021 год 201 человек, в том числе 13 детей. По сравнению 2020 годом количество травмированных увеличилось на 5,9 % (АП 2020 года – 189).

За 2021 год по причине неосторожного обращения с огнем зарегистрировано 7498 пожаров, что составляет 73 % от общего количества пожаров, на которых погибло 94 человека, что составило 59,1 % от общего количества погибших.

Основными причинами пожаров в 2021 году также являются:

- нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования – 1355 пожаров (13,2 %);
- нарушение правил устройства и эксплуатации печей – 492 пожара (4,7 %);
- поджог – 293 пожара (2,8 %) и нарушение правил устройства и эксплуатации транспортных средств – 185 пожаров (1,8 %).

Наибольшее количество пожаров, порядка 57,9% от общего количества пожаров, произошло в результате возгорания травы и мусора на открытых территориях (в 2021 году – 5945), в жилом секторе зарегистрировано 2608 пожаров, что составляет 25,4 % от общего количества пожаров.

За 2021 год зарегистрировано 18 пожаров с групповой гибелью людей, в результате которых погибло 40 человек. В 2020 году зарегистрировано 24 пожара, в результате которых погибло 54 человека.

В 2021 году пожаров с массовой гибелью людей на территории Самарской области (пять и более человек) не зарегистрировано.

В 2021 году на территории Самарской области зарегистрировано 15 пожаров, приведших к гибели и травмированию детей, за 2020 год произошло 19 пожаров. От опасных факторов пожара в 2021 году погибли 6 детей (АП 2020 года – 5) и 13 детей получили травмы (АП 2020 года – 14). Гибель детей зарегистрирована в городских округах Сызрань, Тольятти, Октябрьск и в муниципальном районе Безенчукский.

Рост количества пожаров в 2021 году, по сравнению с 2020 годом, наблюдается в городских округах Похвистнево (+ 13,6 %), Тольятти (+ 9,3%), Новокуйбышевск (+ 3,6 %), и в муниципальных районах Исаклинский (+ 60,3 %), Шенталинский (+ 48,9 %), Клявлинский (+ 48,8 %).

В 2021 году одновременное увеличение количества погибших и травмированных людей на пожарах зарегистрировано в городских округах Чапаевск (рост на 56 %), Тольятти (рост на 35 %), Сызрань (рост на 27 %) и в муниципальных районах Похвистневский (рост на 70 %), Безенчукский (рост на 44 %) и Ставропольский (рост на 14 %).

В целом, последствия пожаров, зарегистрированных на территории Российской Федерации в 2021 году на 100 тыс. человек населения, в Самарской области не превышают общероссийские:

- количество погибших – 5,0 (по России – 5,79);
- количество травмированных – 6,30 (по России – 6,45).

В соответствии с Российским и международным опытом наиболее эффективными мерами для снижения количества пожаров на территории населенных пунктов являются профилактические меры.

При реализации профилактических мер по результатам мониторинга пожарной опасности погоды удаётся сократить количество пожаров на 20-50%.

Системы раннего обнаружения возникновения пожаров могут ускорить ликвидацию более крупных пожаров на большой площади.

Своевременное обнаружение точки быстрого возникновения пожара может замедлить ущерб, наносимый населённому пункту.

Восстановление природных экосистем от последствий пожаров также может быть сведено к минимуму. Задержка с получением информации о возникновении пожара приводит к тому, что район, в котором произошел пожар, может быть обнаружен только после того, как пожар стал масштабным и охватил широкую территорию.

В настоящее время технология мониторинга в горячих точках по-прежнему опирается на спутниковые технологии. Задержка в информации, предоставляемой спутником, приводит к быстрому распространению площади пожара. Факторами, вызывающими эти стихийные бедствия, являются не только человеческая халатность, но и несколько факторов, которые могут повлиять на пожары, включая удары молнии в сухих лесопарках, пожары на торфяниках и длительную засуху. Обычно первой обнаруженной областью является возникновение горячей точки в районе, удаленном от зоны наблюдения [2].

Если это происходит в течение длительного времени и местность, на которой происходят пожары, труднодоступна, то крупных пожаров очень трудно избежать.

На сегодняшний день современными системами мониторинга пожарной опасности населенных пунктов являются:

- спутниковые наблюдения;

- беспилотные летательные аппараты;
- беспроводные сети с сенсорными датчиками.

2.2 Оценка эффективности применяемых систем и технологий для обеспечения пожарной безопасности и средств мониторинга населенных пунктов

Огромные усилия были направлены на обнаружение пожаров до того, как они перерастут в неконтролируемые. Традиционные методы наблюдения и обнаружения пожаров с использованием сторожевых вышек и людей-наблюдателей для наблюдения за окружающей средой обычно требуют значительных трудовых ресурсов, подвержены пространственно-временным ограничениям и потенциально угрожают безопасности персонала.

Наряду с новым развитием технологий, в последние десятилетия мониторинг и обнаружение пожаров в основном опираются на наземные системы наблюдения за пожарами, пилотируемые летательные аппараты и спутники.

Однако в каждой из этих систем существуют различные технологические и практические проблемы.

Пилотируемые летательные аппараты, как правило, дорогое удовольствие, между тем, опасные условия, суровая погода и усталость потенциально могут угрожать жизни пилота.

Спутниковые системы, как правило, дороги при запуске и менее гибки при развертывании и обновлении технологий; более того, их пространственно-временные разрешения иногда могут быть труднодостижимыми [1].

В качестве многообещающей замены традиционным и современным подходам к обнаружению пожаров интеграция беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с методами дистанционного зондирования, служащих

мощным инструментом для оперативного обнаружения пожаров, привлекает все большее внимание во всем мире.

Развертывание беспилотных летательных аппаратов дает огромные преимущества:

- покрывает обширные территории;
- работа в дневное время, ночью, с длительной продолжительностью;
- не будет беспокоить животных во время полета;
- относительно экономичный по сравнению с другими методами;
- в случае электрического беспилотника является ещё и экологически чистым средством для окружающей среды;
- перевозить большие и разные полезные грузы для различных задач даже в рамках одного полета благодаря экономии места и веса по сравнению с пилотируемыми транспортными средствами;
- быть в состоянии эффективно решать задачи в конкретной целевой области.

Беспилотные летательные аппараты с системами дистанционного зондирования на базе цифрового видеонаблюдения высокой чёткости на борту становятся все более эффективным выбором, обеспечивая недорогие, безопасные, быстрые и мобильные характеристики для наблюдения за пожарами и их обнаружения. Они способны удовлетворять важнейшим требованиям к пространственно-временному и спектральному разрешению. Они также могут позволить выполнять долгосрочные, повторяющиеся миссии, выходящие за рамки человеческих возможностей. Кроме того, технология обнаружения, основанная на видеонаблюдении высокой чёткости, может захватывать и передавать интуитивно понятную информацию в режиме реального времени, а также охватывать широкий диапазон обзора [3].

Основные компоненты общей системы наблюдения за пожарами на базе беспилотных летательных аппаратов могут быть описаны на рисунке 8, которая выполняет задачи мониторинга (поиск потенциального пожара),

обнаружения (подача сигнала тревоги сотрудникам пожарных служб или инициализация дальнейшей диагностики и прогноза), диагностики (локализация пожара и отслеживание его эволюции), и прогнозирование (прогнозирование развития пожара с использованием информации о ветре и условиях пожаротушения в режиме реального времени) [16].

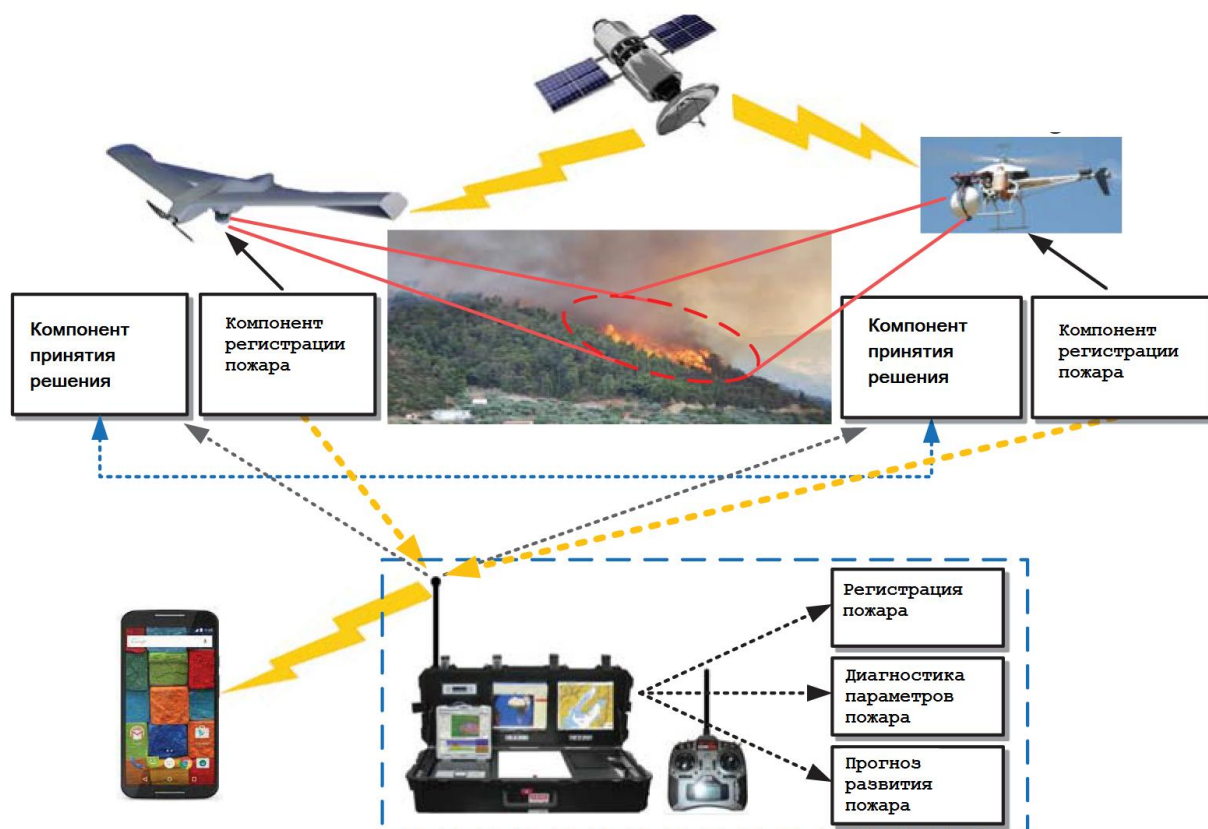


Рисунок 8 – Основные компоненты общей системы наблюдения за пожарами

Эти задачи могут выполняться с использованием либо одного беспилотника, либо группы беспилотных летательных аппаратов (с различными типами датчиков), а также центральной наземной станции. Цели состоят в том, чтобы использовать беспилотники для предоставления информации в режиме реального времени пожарным-людям и для подачи сигнала тревоги и оказания помощи в тушении пожара [1].

Для достижения успешного применения система наблюдения за пожарами на базе БПЛА обычно содержит следующие компоненты:

- БПЛА (типа с неподвижным крылом и винтокрылом), несущие необходимую полезную нагрузку (датчики дистанционного зондирования для дневного, ночного времени, любых погодных условий) для наблюдения за пожарами и обнаружение. Разнообразные датчики, включая приемники глобальной системы позиционирования (GPS), инерциальные измерительные устройства и камеры (визуальные и инфракрасные камеры), все из которых помогают в наблюдении за пожарами и их обнаружении;
- технологии дистанционного зондирования для мониторинга и обнаружения пожаров;
- методы сопряжения информации с датчиков и обработки изображений для быстрого и точного обнаружения пожара, принятия решений и локализации;
- алгоритмы наведения, навигации и управления как одиночными, так и несколькими парками беспилотных летательных аппаратов для мониторинга, отслеживания и прогнозирования развития пожара и операций пожаротушения;
- совместная стратегия управления беспилотными летательными аппаратами для оптимального охвата районов возгорания для точного и быстрого отслеживания возгорания, прогнозирования и руководства в тушении пожара (Такие системы основаны на данных в реальном времени, поступающих от бортовых датчиков, и связанных с ними алгоритмах обработки сигналов);
- надежное планирование маршрута и стратегии перепланирования до и после обнаружения пожара на основе ситуаций развития пожара;
- наземная станция для наземных вычислений, обработки изображений, визуализации для обнаружения пожара,

отслеживание и прогнозирование для безопасной и эффективной работы системы беспилотных летательных аппаратов во время полёта.

Работу по мониторингу и обнаружению пожаров, как правило, можно разбить на один из трех этапов: поиск пожара, подтверждение пожара и наблюдение за огнем.

На этапе поиска пожара наземная станция управления назначает задачу каждому БПЛА в соответствии с характеристиками местности и функциями отдельных БПЛА, включая их бортовую полезную нагрузку. После этого либо один беспилотник, либо несколько беспилотных летательных аппаратов патрулируют район наблюдения по соответствующим заранее спланированным траекториям для поиска потенциального пожара.

Этап подтверждения пожара начинается при обнаружении пожара. Наземная станция управления отправляет БПЛА, обнаруживший пожар, зависнуть вблизи обнаруженного очага пожара на безопасном расстоянии, в то время как другим БПЛА также дается команда лететь к месту пожара для дальнейшего подтверждения пожара на основе их индивидуальных средств обнаружения.

Этап наблюдения за пожаром начинается, если установлено, что пожар подтверждён; в противном случае этап поиска пожара возобновляется. На этапе наблюдения за пожаром беспилотные летательные аппараты предназначены для синхронного сбора изображений и данных о пожаре с разных точек наблюдения. Эта собранная информация в конечном итоге передается операторам на наземной станции или руководителям пожаротушения [17].

Благодаря своей способности к быстрому реагированию и маневренности, увеличенному радиусу действия и повышению безопасности персонала беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с системами, основанными на передаче видеоизображения в режиме реального времени, обладают большими возможностями для наблюдения и обнаружения

пожаров. За последнее десятилетие возрос спрос на системы обнаружения пожаров на базе беспилотных летательных аппаратов, поскольку они позволяют избежать многих недостатков других систем обнаружения пожаров, основанных на спутниках, пилотируемых летательных аппаратах и наземном оборудовании. Несмотря на это, существующие системы обнаружения пожаров на базе беспилотных летательных аппаратов по-прежнему не позволяют решать многочисленные практические вопросы в эксплуатационных условиях.

В частности, успешное обнаружение пожаров остается трудным, учитывая чрезвычайно сложную и неструктурированную среду территории, дым, блокирующий огонь, движение камер, установленных на беспилотных летательных аппаратах. Эти побочные эффекты могут серьезно привести либо к ложным срабатываниям, либо к сбоям сигнализации.

Чтобы успешно выполнять задачи и соответствовать критериям эффективности, а также преодолевать эти постоянно растущие проблемы, необходимо провести исследования о том, как снизить частоту ложных тревог.

Для повышения надежности и точности системы обнаружения пожаров требуется повышение вероятности успешного обнаружения и расширение возможностей адаптации к различным условиям.

Необходимо сосредоточиться на разработке надежных и точных алгоритмов обнаружения пожаров, которые применимы к беспилотным летательным аппаратам.

В качестве решения проблемы нам нужна система, способная анализировать и отслеживать признаки, вызывающие пожары.

Преыдушие исследования позволили создать устройство для мониторинга ситуации, но инструмент по-прежнему использует спутники в качестве средства мониторинга, это считается неэффективным, поскольку оно требуется очень много времени.

Несмотря на то, что было разработано и предложено множество методик обнаружения пожаров, только в нескольких исследованиях рассматривались сценарии пожаров, и было проведено несколько относительных экспериментов по обнаружению пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов.

Обнаружение пожара на основе фотофиксации в основном зависит от методов обработки изображения путем использования характеристик пожара, показанных на изображениях, снятых с камер. Характеристики цвета и движения, которые являются основными характеристиками пожара, широко используются при обработке изображений.

Методы, которые обычно применяются для обработки изображения, могут быть выбраны в соответствии с типом изображения: визуальным или инфракрасным (на рисунке 9 показаны визуальные и инфракрасные изображения, сделанные беспилотником, и соответствующие им изображения).



Рисунок 9 – Обработка изображения: исходное (слева) и обработанное (справа)

Обнаружение пожара с помощью инфракрасных изображений.

Поскольку инфракрасные (ИК) изображения могут быть получены как при слабом освещении, так и при его отсутствии, поэтому их можно использовать для обнаружения пожаров как в дневное, так и в ночное время. Частота ложных срабатываний значительно снижается, поскольку появление пожара является областью высокой интенсивности на ИК-изображениях.

Одна из проблем, связанных с обработкой изображений, собранных ИК-камерами, заключается в том, что ИК-камеры по-прежнему обладают низкой чувствительностью. Это явление требует увеличения периодов экспозиции камеры для получения изображений более высокого качества. Кроме того, высокая частота вибрации БПЛА может привести к размытию изображений, что остается серьезной трудностью при их разработке.

Объединение визуальных и инфракрасных изображений.

Объединение информации с нескольких камер является незаменимым методом для более совершенной системы обнаружения. Хотя многие задачи по обнаружению объектов могут быть выполнены с помощью одной камеры, несколько камер могут предложить эффективное решение для преодоления различных трудностей в отношении повышения точности, надежности.

В настоящее время подтверждено, что визуальные и ИК-изображения могут быть объединены для повышения точности, надежности и отказоустойчивости алгоритмов обнаружения пожара при одновременном снижении частоты ложных срабатываний. Эти улучшения достигаются за счет использования искусственного интеллекта, интеллектуальных, вероятностных и статистических методов. Визуальные и ИК-изображения объединяются для вычисления трехмерной модели пожара, чтобы развитие пожара можно было визуализировать с помощью удаленных компьютерных систем.

Кроме того, системы с несколькими камерами могут расширять весь диапазон обзора, справляться с наличием перекрытий и обеспечивать трехмерную (3D) локализацию объектов посредством наблюдения с разных

ракурсов или разнообразных изображений (при использовании разных типов камер).

Система мультимодальных камер интеллектуальным образом объединяет различные типы датчиков изображения, такие как визуальные и ИК-камеры, для предоставления расширенной информации о контролируемой сцене, что позволяет повысить эффективность обнаружения и анализа поведения. По сравнению с многовидовым обнаружением, мультимодальное обнаружение в основном концентрируется на одновременном анализе различных видов изображений, на которых линии обзора расположены близко друг к другу.

Используя изображения, полученные различными датчиками визуализации, мультимодальная система камер может успешно обнаруживать и анализировать активность в сценарии с меньшим количеством ошибок, поскольку объединение этих видов изображений способно обеспечить информативные детали сцены. Более того, поскольку каждый тип датчика может преодолевать технические ограничения датчиков других типов, ошибки, вызванные одним датчиком, могут быть изменены другими датчиками [34].

Хотя в существующих исследованиях были предложены различные подходы к объединению изображений, вопрос о том, как оптимизировать количество функций, используемых при обнаружении пожара, остается сложной проблемой.

Решение этой проблемы может не только снизить вычислительную нагрузку на бортовые компьютеры, но и снизить как стоимость аппаратного обеспечения, так и частоту ложных срабатываний.

Для достижения целей автоматического обнаружения пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов целью данного исследования является проектирование и разработка новых схем обнаружения пожаров на основе визуального наблюдения, которые способны эффективно обнаруживать пожары и подавать сигнал тревоги применительно

к системам наблюдения за пожарами на базе беспилотных летательных аппаратов.

В частности, необходимо:

- разработать эффективные методов обнаружения пожаров на основе визуальных изображений;
- разработать эффективные методов обнаружения пожаров на основе ИК-изображений;
- повышение надежности и точности обнаружения пожара;
- разработать схемы достижения более раннего обнаружения пожара, чтобы в дальнейшем сэкономить больше времени на тушение пожара и уменьшить потери.

Подводя итог, необходимо в первую очередь предложить передовые методы мониторинга и обнаружения пожаров, которые, в свою очередь, могут гарантировать надежное и удовлетворительное качество обнаружения пожаров как на визуальном, так и на инфракрасном уровнях с применением системы наблюдения за пожарами на базе БПЛА [33].

Из существующей литературы и справочных журналов необходимо создать инструмент, который сможет обнаруживать появление горячих точек на ранней стадии возникновения пожара, используя более быструю и практичную систему, которая представляет собой систему на базе Android, система раннего обнаружения пожаров предназначена для раннего обнаружения очагов возгорания.

Вывод по разделу.

В разделе проводилась оценка эффективности применяемых систем и технологий для обеспечения пожарной безопасности и средств мониторинга населенных пунктов.

Определено, что показатели эффективности систем и технологий обеспечения пожарной безопасности отражаются в статистике пожаров на территории населенных пунктов.

В соответствии с Российским и международным опытом наиболее эффективными мерами для снижения количества пожаров на территории населенных пунктов являются профилактические меры.

При реализации профилактических мер по результатам мониторинга пожарной опасности погоды удаётся сократить количество пожаров на 20-50%, а системы раннего обнаружения возникновения пожаров могут ускорить ликвидацию более крупных пожаров на большой площади.

Для обнаружения пожаров было использовано множество методов. Однако существующие подходы все еще имеют различные практические проблемы для их использования в практических условиях. Использование систем на базе беспилотных летательных аппаратов для обнаружения пожаров может обеспечить быстрый и недорогой способ удовлетворения важнейших требований борьбы с пожарами, поскольку они позволяют избежать недостатков систем, основанных на спутниках, пилотируемых летательных аппаратах и наземном оборудовании.

Хотя существующие исследования демонстрируют возможность и потенциальные преимущества использования беспилотных летательных аппаратов для обнаружения пожаров, разработка таких систем, включая соответствующие аппаратные средства, программное обеспечение и стратегии их использования, все еще минимальна в ограниченном количестве исследовательских работ.

Требуется дальнейшее изучение всех аспектов их использования, включая подходящие системные платформы, датчики дистанционного зондирования и алгоритмы для обнаружения пожаров и загораний.

Кроме того, сочетание беспилотных летательных аппаратов и методов дистанционного зондирования также является особенно сложной задачей.

Обнаружение пожаров с помощью беспилотных летательных аппаратов остается затруднительным, учитывая очень сложную, неструктурированную среду территории, вероятность того, что дым заблокирует получение изображения, вибрация и движение установленных камер на беспилотных

летательных аппаратах часто возникают либо ложные тревоги, либо сбои в работе системы обнаружения. Способы снижения частоты ложных срабатываний, повышения высокой вероятности обнаружения и расширения адаптивных возможностей в различных условиях окружающей среды для повышения надежности обнаружения пожаров – все это заслуживает дальнейшего изучения.

Хотя несколько существующих исследований подтвердили, что объединение инфракрасных и визуальных изображений может способствовать точности обнаружения пожаров с высокой вероятностью обнаружения, способы снижения частоты ложных срабатываний и повышения адаптивности к различным условиям окружающей среды по-прежнему остаются сложными вопросами, которые требуют дальнейшего изучения, в частности, для ситуации с применением беспилотных летательных аппаратов.

В целом, разработанные методы обнаружения пожара, основанные на цифровой видеофиксации, применяются путем отделения пожаров от статического фона. Однако методы, использующие особенности и характеристики огня для обнаружения пожара, могут не работать должным образом, когда камеры подключены к беспилотным летательным аппаратам, которые движутся в течение всего периода эксплуатации. При таких обстоятельствах все объекты (включая интересующие объекты и фон) на захваченных изображениях движутся, что является основной причиной сбоя в обнаружении пожара.

3 Разработка технического решения по совершенствованию системы мониторинга пожарной опасности и методов противопожарной защиты населенных пунктов

3.1 Совершенствование автоматической установки мониторинга и противопожарной защиты населенных пунктов

Существующие подходы к обнаружению пожаров, основанные на характеристиках огня (включая цвет и движение), продемонстрировали свою эффективность. Однако эффективного обнаружения пожара, основанного исключительно на информации о пламени пожара, не всегда достаточно или, в некоторой степени, недостаточно рано для тушения пожара. Обычно пожар включает в себя следующие шесть фаз развития:

- зарождение;
- рост (до вспышки);
- вспышка;
- полное развитие (после вспышки);
- затухание;
- угасание.

Начальный период, который является самой ранней стадией развития пожара, зависит от множества факторов, таких как количество доступного кислорода, влияние ветра, температуры, а также влажности деревьев. Раннее обнаружение пожара на этой стадии может предотвратить перерастание пожара в неконтролируемый и избежать значительных потерь благодаря своевременному реагированию квалифицированных специалистов по пожаротушению.

Методы регистрации можно разделить на автоматическую и ручную регистрацию. Поскольку ручная регистрация трудоемка и ее требуется повторять при изменении фона или движении камеры, исследователи предпочитают автоматическую регистрацию.

Основное преимущество объединения мультимодальной информации об изображении заключается в том, что ненадежно извлеченные области с одной камеры могут быть надежно извлечены с камеры другого типа. Объединение изображений в видимом и ИК-диапазонах позволяет получить информативные данные о сцене, такие как цвет, движение и тепловые детали. Использование такой информации для успешного обнаружения и анализа активности пожара на месте происшествия с более низкой частотой ложных срабатываний стало популярным для повышения эффективности обнаружения пожара. Большинство существующих исследований в области мультимодального видео обнаружения пожара сосредоточены на объединении инфракрасных и визуальных изображений, и было продемонстрировано, что сочетание этих двух типов изображений было бы полезно для лучшего обнаружения в различных средах.

Подобно существующим мультимодальным методам, этот тезис фокусируется на комбинированном анализе ИК- и визуальных характеристик пламени. Поскольку соответствующие объекты на изображениях разных типов могут иметь разные свойства, такие как размер, форма, положение и интенсивность, соответствующее представление изображения необходимо для отображения общей информации между изображениями двух типов, подавляя при этом общие данные.

Пожар может быть легко скрыт дымом, особенно в его ранний период, это явление может серьезно ухудшить эффективность методов обнаружения пожара на основе пламени. Кроме того, дым может быть обнаружен раньше, чем пожар, и площадь дыма также может быть намного больше, чем площадь пламени пожара. Поэтому, как важный ранний признак пожаров, дым, который состоит из водорода, углерода и кислорода, рассматривался как важнейший прогнозирующий фактор пожара.

На начальной стадии пожара обычно трудно определить визуальный рисунок дыма, и плотность дыма также варьируется в зависимости от окружающей обстановки.

Традиционные методы обнаружения дыма в основном основаны на отборе проб частиц. Это требует непосредственной близости к источнику дыма. Пожарная тревога подается только тогда, когда частицы достигают датчиков обнаружения дыма и активируют их. Более того, традиционные методы обнаружения дыма затрудняют обнаружение дыма на открытых и больших пространствах. Кроме того, обнаружение дыма со значительно низкой частотой ложных срабатываний остается сложной задачей для применения на открытых и больших пространствах с помехами (аналогичными свойствам дыма, включая цвет, движение или текстуру) от окружающей среды, такими как специфические породы деревьев, особенности грунта, колебания освещенности, вызванные по изменениям климата, погоды и времени суток. Между тем, по сравнению с пламенем визуальные характеристики дыма, включая цвет и текстуру, менее резкие. Эти явления делают довольно трудным и еще более запутанным извлечение дыма из помех и фона.

Цвет дыма меняется с голубовато-белого на белый при низкой температуре, в то время как с повышением температуры колеблется от серовато-черного до черного.

Для достижения эффективного обнаружения дыма предлагается алгоритм нечеткого обнаружения дыма, учитывающий цветовую характеристику дыма.

Все изображения снимаются с видеокамер, которые установлены на нижней части беспилотника и ориентированы в переднем нижнем направлении с заданным углом наклона. Преимущество этой конфигурации заключается в том, что она позволяет сконцентрироваться на информации и значительно уменьшить неблагоприятное воздействие облаков (которые в некоторой степени схожи по цвету и форме с дымом) в небе.

Предлагаемый способ является адаптивным к изменениям погодных условий, времени суток, особенностям территории.

Предлагаемая система мониторинга реализует три этапа обнаружения пожара.

Первый представлен беспилотным летательным аппаратом самолётного типа (рисунок 10). Чтобы иметь широкоугольный обзор, этот беспилотник будет летать на высоте от 350 метров до 5500 метров.



Рисунок 10 – Беспилотный летательный аппарат самолётного типа

При обнаружении пожара беспилотный летательный аппарат с вращающимися винтами типа квадрокоптер (рисунок 11) осматривает подозрительный район с небольшой высоты.



Рисунок 11 – Квадрокоптер

Его роль заключается в подтверждении факта пожара. Если пожар реальный, то беспилотник информирует наземные службы пожаротушения и продолжает выполнять свою функцию по оказанию помощи службам наземного уровня. Второй беспилотник может быть использован также для оценки после пожара. Поскольку оба дрона будут оснащены специализированными многоспектральными камерами, можно было бы провести тщательный анализ развития пожара на местности [2].

В течение последних десятилетий беспилотные летательные аппараты широко использовались в различных областях – военной, сельскохозяйственной, фотографической, пожарной службе и многих других.

Эти летательные аппараты в основном подразделяются на два типа – беспилотники самолётного и вертолётного типа, причем оба типа имеют свои преимущества и недостатки. Поскольку разработанная система мониторинга собирается использовать оба типа беспилотных летательных аппаратов, она также будет исходить из их преимуществ [13].

Беспилотные летательные аппараты самолётного типа обладают рядом преимуществ, таких как более высокая крейсерская скорость и высота полета, высокая стабильность полета, большое время беспосадочного полёта и дальность. С другой стороны, беспилотники вертолётного типа менее требовательны к месту взлёта и посадки, поскольку они могут взлетать и садиться вертикально независимо от типа поверхности.

В настоящее время существуют гибридные беспилотные летательные аппараты, которые сочетают в себе преимущества того и другого [1].

Проведя тщательный анализ, решено использовать ALTi Transition-F для вертикального взлета и посадки беспилотный летательный аппарат самолётного типа, который вместе с его наземной станцией управления показан на рисунке 1. ALTi Transition-F – ведущий в своем классе беспилотный летательный аппарат, разработанный как ультракомпактный, эффективный и с возможностью вертикального взлета и посадки практически

в любом месте, длительностью полёта до 12 часов. Размеры аппарата составляют:

- размах крыльев – 3000 мм;
- длина – 2300 мм;
- высота – 525 мм;
- максимальный взлетный вес – 16 кг.

Основные крылья съемные, что значительно уменьшает размеры и обеспечивает быстрое разворачивание, транспортировку и хранение.

Высокая длительностью полёта обусловлена улучшенным аэродинамическим дизайном со сверхлегким карбоновым фюзеляжем.

Каналы телеметрии и управления между беспилотником и его наземной станцией осуществляются с использованием двух каналов передачи данных. Один из каналов является дуплексным для одновременного двунаправленного управления и передачи данных, в то время как другой используется в качестве радиоканала для потоковой передачи видео высокой четкости в реальном времени. Второй канал настроен на работу в симплексном режиме для последующей передачи видео [7].

Высотный беспилотник ALTi Transition-F будет оснащен камерой NightHawk 2 EO /IR с 20-кратным зумом и тепловым разрешением 640×480, как показано на рисунке 10.



Рисунок 10 – Камера NightHawk 2 EO /IR

Эта камера способна фиксировать различные уровни температуры, и как только летательный аппарат обнаруживает повышенный или ненормальный уровень температуры, он немедленно подает сигнал тревоги и отправляет GPS координаты проблемной области на ее базовую станцию.

Камера весит всего 250 граммов, что не приведет к значительному снижению производительности дрона и не снизит его долговечность.

Поскольку беспилотник будет летать на большей высоте, расстояние от камеры до поверхности земли может быть значительным, и это может привести к сообщению о многих ложных тревогах. Чтобы свести к минимуму их количество, будет использован второй беспилотник вертолётного типа. Использование данного беспилотника обеспечит возможность более тщательного осмотра области возможного пожара. Он будет оснащен камерой более высокого качества и будет летать на меньшей высоте для лучшей видимости. Для подтверждения обнаружения пожара планируется использовать беспилотный летательный аппарат DJI Matrice 210 RTK, который показан на рисунке 2.. Преимуществом дронов серии Matrice 200 является то, что они сертифицированы по стандарту IP 43, то есть они выдерживают влажность и могут летать в условиях тумана или дождя.

Причиной выбора этого дрона является его двойной направленный вниз карданный подвес, который позволяет ему нести две камеры. Беспилотник может быть оснащен одной ИК- и одной стандартной камерой с зумом. Планируется использовать оптическую камеру Zenmuse X4S 4K, которая поставляется с 20-мегапиксельным 1-дюймовым сенсором, с максимальным ISO 12800 и увеличенным динамическим диапазоном. Второй камерой на дроне станет тепловизионная камера Zenmuse XT2, которая объединяет термодатчик FLIR с высоким разрешением и визуальную камеру 4K с хорошей стабилизацией и технологией обработки для быстрого преобразования аэрофотоснимков в аналитическую информацию [3].

Связь в предлагаемой системе позволяет как отправлять, так и получать данные. Эти данные включают различную информацию, полученную

различными модулями системы мониторинга пожаров. В основном это включает в себя взаимодействие данных между беспилотником и системой удаленного мониторинга. Данные изображения, захваченные БПЛА, передаются обратно на наземный терминал мониторинга в режиме реального времени, и наземный терминал осуществляет управление полетом БПЛА в соответствии с маршрутом полета, заданным БПЛА.

Удаленная система управления мониторингом хост-компьютера имеет функции передачи и обработки изображений, а также предупреждения о пожарной опасности. Функция передачи и обработки изображений заключается в сборе аэрофотоснимков, снятых PTZ-камерой, установленной на беспилотнике [10]. Затем, используя систему передачи изображений, видеоданные передаются в режиме реального времени на ПК на наземном терминале системы мониторинга пожаров. Кроме того, эта система также отвечает за обнаружение пожара в данных изображения с использованием алгоритма, основанного на глубоком обучении. Функция захвата и передачи видео зависит от PTZ-камеры, карты захвата изображения TC-4000 SD и системы передачи изображения.

Изображение, полученное камерой, установленной на дроне, передается на мобильный терминал дистанционного управления дроном с использованием системы передачи изображения. Затем изображение передается на карту сбора изображений по кабелю HDMI и далее передается в наземную систему мониторинга [8].

Предлагаемая система мониторинга пожаров использует систему передачи изображений Lightbridge2 от DJI. Система передачи изображения Lightbridge2 поддерживает множество интерфейсных выходов, включая USB, mini-HDMI и 3G-SDI. Кроме того, он поддерживает вывод FullHD со скоростью до 1080 p / 60 кадров в секунду.

Система передачи видео Lightbridge2 использует технологию динамической адаптации беспроводной связи для компенсации влияния расстояния, электромагнитного излучения окружающей среды и качества

изображения. Он автоматически выбирает наилучший канал и переключает каналы передачи в случае сбоев в работе канала. Кроме того, он также регулирует полосу пропускания видео, когда это необходимо для обеспечения плавности видео, и эффективно уменьшает дефекты изображения и прерывания. Система передачи изображений Lightbridge2 сочетает в себе высокоскоростные процессоры и алгоритмы, основанные на глубоком обучении, чтобы сделать беспроводную передачу изображений более стабильной и надежной.

Модули удаленной системы управления верхним компьютером включают базовый информационный модуль, модуль обработки изображений и раннего предупреждения и модуль ручной обработки данных. Модуль базовой информации знакомит оператора с характеристиками лесного хозяйства и ближайших муниципальных образований.

Модуль обработки изображений обнаруживает случаи возгорания. В случае обнаружения пожара система отображает географическое местоположение и оперативно оповещает персонал [12].

Алгоритм мониторинга пожаров основан на цифровой обработке шаблонов и цифровых методах обработки изображений, таких как сегментация изображений, извлечение признаков, классификация изображений и распознавание, и он обеспечивает цифровой, автоматизированный, беспилотный мониторинг в режиме реального времени и раннее предупреждение [4].

Рабочий процесс алгоритма мониторинга пожаров представлен на рисунке 11.

Беспилотный летательный аппарат, оснащенный камерой высокой четкости, используется для захвата изображений, которые далее передаются на ПК на терминале наземной системы мониторинга через карту сбора изображений. Терминал наземной системы мониторинга принимает изображения, передаваемые беспилотником, и считывает видеоданные.

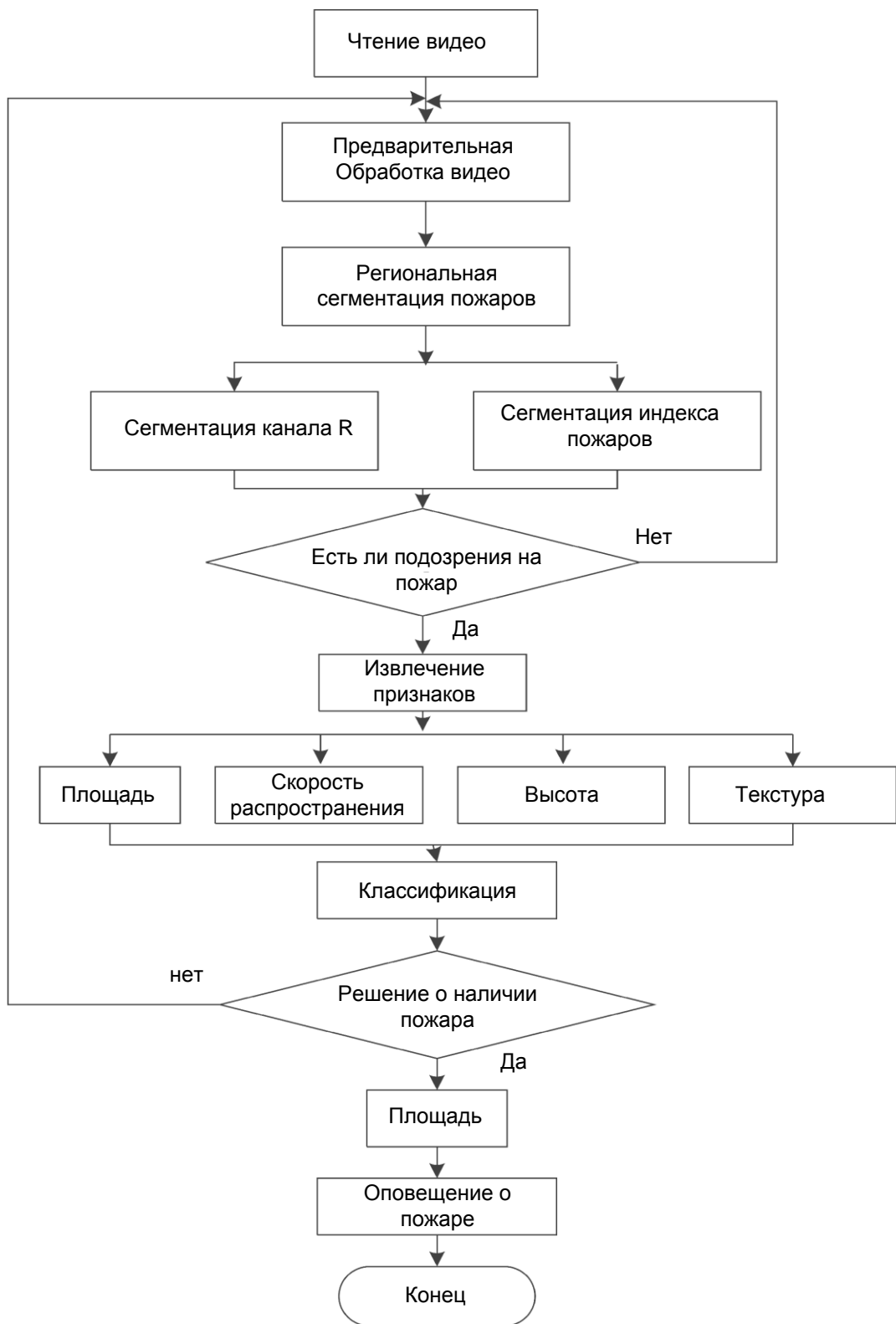


Рисунок 11 – Рабочий процесс алгоритма мониторинга пожаров

Полученное изображение может быть повреждено из-за помех, таких как шум. Это вмешательство не способствует мониторингу и идентификации

пожаров на более поздних стадиях. Следовательно, предварительная обработка изображения выполняется для устранения несущественной информации в изображении и восстановления полезной информации об изображении [5].

Метод сегментации пламени используется для выделения предполагаемой области пламени. Динамические и статические характеристики области цвета предполагаемого пожара, включая характеристики округлости, скорость изменения площади, характеристики соотношения высоты центра тяжести и особенности текстуры, извлекаются.

Извлеченный вектор признаков подается в обученный классификатор для классификации и распознавания, чтобы определить, произошел ли пожар.

В случае возникновения пожара устройство сигнализации подает сигнал тревоги и уведомляет соответствующий персонал о необходимости подготовиться к тушению пожара; в противном случае циклический мониторинг продолжается.

Основанные на глубоком обучении тесты предлагаемой беспилотной системы мониторинга пожаров включали тестирование надежности и в режиме реального времени. Тестирование проводилось с использованием различных функций, таких как функция входа пользователя, функция аварийной сигнализации, функция отслеживания исторических аномалий и функция оповещения о неисправностях оборудования.

Метод, используемый для проверки надежности и производительности алгоритма мониторинга пожаров в режиме реального времени, заключался в регистрации нескольких сегментов видео с пламенем и видео с помехами, таких как видео автомобильных огней или людей и объектов, которые имели высокий индекс сходства с пламенем. Алгоритм выполнил обнаружение и идентификацию на этих видеозаписях и проанализировал, соответствуют ли уровень точности, частота ложных срабатываний и время выполнения статистического мониторинга требованиям мониторинга.

Коммуникационные характеристики системы мониторинга пожаров на базе беспилотника были протестированы на основе взаимодействия данных между устройствами на разных расстояниях. Связь между беспилотным летательным аппаратом и удаленным сервером, связь между беспилотным летательным аппаратом и удаленным контроллером и передача изображения были нормальными [11].

Метод межкадровой разницы, вычитание фона использовались для обработки изображения территории, собранного беспилотником, и их результатов, таких как количество пикселей в области загорания, количество похожих пикселей, количество неправильно оцененных пикселей, количество пикселей в оценке, результаты, относительная точность суждения и безошибочность суждения были сопоставлены и проанализированы.

Метод вычитания фона использует разницу в оттенках серого между соответствующими точками пикселей на текущем кадровом изображении и фоновом изображении.

В качестве дальнейшего совершенствования платформы планируется внедрить искусственный интеллект, позволив прогнозировать пожары по дыму на основе методов компьютерного зрения. Для реализации распознавания изображений требуется вычислительный движок. Еще одним преимуществом беспилотных летательных аппаратов является тот факт, что они могут быть оснащены высокопроизводительными бортовыми компьютерами, что позволяет их разработчикам превращать эти воздушные платформы в действительно интеллектуальных летающих роботов, которые могут выполнять сложные вычислительные задачи и расширенную встроенную обработку изображений. Примером одного из таких высокопроизводительных встроенных компьютеров, специально разработанных для дронов серии DJI, является DJI Manifold. Коллектор обладает вычислительной мощностью видеокарты для ПК и поддерживает DirectX 11 и OpenGL 4.4. Он также поддерживает NVIDIA CUDA, что позволяет использовать его для обработки многих видеопотоков

одновременно.

Приложения искусственного интеллекта, в том числе для компьютерного зрения и глубокого обучения. Это означает, что разработанная воздушная платформа будет выполнять бортовое распознавание изображений и может повысить сигнал тревоги, если он обнаруживает дым или огонь на изображениях, которые он захватывает и обрабатывает. Это приведет к сокращению времени обнаружения пожара и подачи сообщений [9].

Искусственный интеллект стал чрезвычайно популярным в последние годы, поскольку он обладает способностью выполнять задачи, которые присущи человеческому разуму. Искусственный интеллект, иногда называемый машинным интеллектом, реализуется с помощью нейронных сетей. Нейронные сети – это специализированные компьютерные модели, которые могут быть обучены выполнять различные задачи. Они используются для классификации изображений, распознавания речи, перевода текстов и более сложных задач, таких как управление автономными транспортными средствами и т.д.

3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мер по обеспечению техносферной безопасности

Для подтверждения обнаружения пожара предложено использовать беспилотный летательный аппарат DJI Matrice 210 RTK,. Преимуществом дронов серии Matrice 200 является то, что они сертифицированы по стандарту IP 43, то есть они выдерживают влажность и могут летать в условиях тумана или дождя.

Предложено использовать оптическую камеру Zenmuse X4S 4K, которая поставляется с 20-мегапиксельным 1-дюймовым сенсором, с максимальным ISO 12800 и увеличенным динамическим диапазоном. Второй камерой на дроне предложена тепловизионная камера Zenmuse XT2, которая

объединяет термодатчик FLIR с высоким разрешением и визуальную камеру 4К с хорошей стабилизацией и технологией обработки для быстрого преобразования аэрофотоснимков в аналитическую информацию.

Предлагаемая система мониторинга пожаров использует систему передачи изображений Lightbridge2 от DJI.

«Беспилотный летательный аппарат обеспечивает выполнение следующих задач:

- своевременный поиск очагов возгорания, с помощью тепловизоров;
- контроль обстановки в реальном времени, позволяющий координировать действия пожарных расчетов;
- патрулирование лесопарков с целью предотвращения распространения огня;
- разработка безопасных маршрутов для эвакуации пострадавших и перемещения сотрудников;
- обнаружение и координация спасения пострадавших» [5].

Сравнение с общим алгоритмом показывает, что предлагаемый способ мониторинга может распознавать опасность пожаров с большей точностью, удовлетворяя при этом требованиям к обработке данных распознавания сцен в реальном времени. Таким образом, предлагаемая система применима для мониторинга пожаров.

Эффективность обеспечения пожарной безопасности определяется по формуле 1.

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_{гп}}{\mathcal{E}_{общ}} \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{гп}$ – годовой экономический эффект (годовая прибыль), млн. руб.;

$\mathcal{E}_{общ}$ – общие затраты, млн. руб. [2]

Годовой экономический эффект ($\mathcal{E}_{гп}$) от использования наиболее эффективных методов и технологий мониторинга пожарной безопасности

определяется по формуле 2.

$$\mathcal{E}_{гн} = \mathcal{E}_г - K \times E_n \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_г$ – «годовая экономия (прибыль), обусловленная практическим использованием лучших отечественных методов и технологий, а также средств обнаружения и тушения лесных пожаров;

K – единовременные затраты, связанные с приобретением, модернизацией и внедрением лучших отечественных методов и технологий, а также средств обнаружения и тушения пожаров;

E_n – нормативный коэффициент эффективности» [2].

Стоимость выполнения предлагаемого плана мероприятий представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Стоимость выполнения предложенного плана мероприятий

Виды работ	Стоимость, руб.
Стоимость беспилотного летательного аппарата DJI Matrice 210 RTK	2100000
Стоимость оптической камеры Zenmuse X4S 4K	400000
Стоимость тепловизионной камеры Zenmuse XT2	1000000
Итого:	3500000

В целом по лесопаркам установлен нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений на уровне не ниже 0,19. Средний многолетний показатель ущерба, нанесенного пожарами, который составил 23 млн. руб.

$$\mathcal{E}_{гн} = 23 - 0,19 \cdot 3,5 = 22,335 \text{ млн. руб.}$$

$$\mathcal{E} = \frac{22,335}{3,5} = 6,38$$

Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий определяется по

формуле 3:

$$T_{ед} = \frac{З}{Э}, \quad (17)$$

где З – величина приведенных затрат на проведение мероприятий, руб.;

Э – годовой экономический эффект, руб.

$$T_{ед} = \frac{3500000}{22335000} = 0,16 \text{ лет}$$

Интегральный экономический эффект от реализации предлагаемого способа мониторинга, который может распознавать опасность пожаров с большей точностью, удовлетворяя при этом требованиям к обработке данных распознавания сцен в реальном времени составит 22,335 млн. руб.

Вывод по разделу.

В разделе произведена разработка технического решения по совершенствованию системы мониторинга пожарной опасности населенных пунктов.

Традиционные методы обнаружения дыма в основном основаны на отборе проб частиц. Это требует непосредственной близости к источнику дыма. Пожарная тревога подается только тогда, когда частицы достигают датчиков обнаружения дыма и активируют их. Более того, традиционные методы обнаружения дыма затрудняют обнаружение дыма на открытых и больших пространствах. Кроме того, обнаружение дыма со значительно низкой частотой ложных срабатываний остается сложной задачей для применения на открытых и больших пространствах с помехами (аналогичными свойствам дыма, включая цвет, движение или текстуру) от окружающей среды, такими как специфические породы деревьев, особенности грунта, колебания освещенности, вызванные по изменениям климата, погоды и времени суток. Между тем, по сравнению с пламенем визуальные характеристики дыма, включая цвет и текстуру, менее резкие. Эти явления делают довольно трудным и еще более запутанным извлечение

дыма из помех и фона.

Для достижения эффективного обнаружения дыма предлагается алгоритм нечеткого обнаружения дыма, учитывающий цветовую характеристику дыма. Все изображения снимаются с видеокамер, которые установлены на нижней части беспилотника и ориентированы в переднем нижнем направлении с заданным углом наклона. Преимущество этой конфигурации заключается в том, что она позволяет сконцентрироваться на информации и значительно уменьшить неблагоприятное воздействие облаков (которые в некоторой степени схожи по цвету и форме с дымом) в небе. Предлагаемый способ является адаптивным к изменениям погодных условий, времени суток, особенностям территории.

В течение последних десятилетий беспилотные летательные аппараты широко использовались в различных областях – военной, сельскохозяйственной, фотографической, пожарной службе и многих других. Эти летательные аппараты в основном подразделяются на два типа – беспилотники самолётного и вертолётного типа, причем оба типа имеют свои преимущества и недостатки. Поскольку разработанная система мониторинга собирается использовать оба типа беспилотных летательных аппаратов, она также будет исходить из их преимуществ.

Беспилотные летательные аппараты самолётного типа обладают рядом преимуществ, таких как более высокая крейсерская скорость и высота полета, высокая стабильность полета, большое время беспосадочного полёта и дальность. С другой стороны, беспилотники вертолётного типа менее требовательны к месту взлёта и посадки, поскольку они могут взлетать и садиться вертикально независимо от типа поверхности.

В настоящее время существуют гибридные беспилотные летательные аппараты, которые сочетают в себе преимущества того и другого.

Проведя тщательный анализ, решено использовать ALTi Transition-F для вертикального взлета и посадки беспилотный летательный аппарат самолётного типа. Высотный беспилотник ALTi Transition-F будет оснащен

камерой NightHawk 2 EO /IR с 20-кратным зумом и тепловым разрешением 640×480. Поскольку беспилотник будет летать на большей высоте, расстояние от камеры до поверхности земли может быть значительным, и это может привести к сообщению о многих ложных тревогах. Чтобы свести к минимуму их количество, будет использован второй беспилотник вертолётного типа. Использование данного беспилотника обеспечит возможность более тщательного осмотра области возможного пожара.

Для подтверждения обнаружения пожара предложено использовать беспилотный летательный аппарат DJI Matrice 210 RTK,. Преимуществом дронов серии Matrice 200 является то, что они сертифицированы по стандарту IP 43, то есть они выдерживают влажность и могут летать в условиях тумана или дождя.

Предложено использовать оптическую камеру Zenmuse X4S 4K, которая поставляется с 20-мегапиксельным 1-дюймовым сенсором, с максимальным ISO 12800 и увеличенным динамическим диапазоном. Второй камерой на дроне предложена тепловизионная камера Zenmuse XT2, которая объединяет термодатчик FLIR с высоким разрешением и визуальную камеру 4K с хорошей стабилизацией и технологией обработки для быстрого преобразования аэрофотоснимков в аналитическую информацию.

Предлагаемая система мониторинга пожаров использует систему передачи изображений Lightbridge2 от DJI.

Сравнение с общим алгоритмом показывает, что предлагаемый способ мониторинга может распознавать опасность пожаров с большей точностью, удовлетворяя при этом требованиям к обработке данных распознавания сцен в реальном времени. Таким образом, предлагаемая система применима для мониторинга пожаров.

Экономический эффект от реализации предлагаемого способа мониторинга, который может распознавать опасность пожаров с большей точностью, удовлетворяя при этом требованиям к обработке данных распознавания сцен в реальном времени составит 22,335 млн. руб.

Заключение

В первом разделе изучено нормативно-правовое обеспечение вопросов применения современных систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов и проведен анализ современных систем мониторинга пожарной опасности и средств противопожарной защиты населенных пунктов.

Было определено, что в соответствии со статьей 19 Федерального закона от 21.12.1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности» к полномочиям органов местного самоуправления в области пожарной безопасности относится:

- обеспечение первичных мер противопожарной защиты на территориях поселений;
- разработка плана обеспечения пожарной безопасности в границах населенных пунктов поселения с включением противопожарных мероприятий, сроков их исполнения и возможных финансовых расходов;
- установление особого противопожарного режима в летнее время, когда погода стабильна сухая и жаркая, при получении штормового предупреждения;
- организация пожарной безопасности и пропаганда в области противопожарной защиты.

Выяснено, что в Отделе надзорной деятельности и профилактической работы по муниципальным районам Елховский и Кошкинский управления надзорной деятельности и профилактической работы Главного управления МЧС России по Самарской области обеспокоены проблемами мониторинга пожаров на территории районов Елховский и Кошкинский.

По результатам анализа современных систем мониторинга пожарной опасности можно сделать вывод, что обнаружение пожаров было в центре внимания многих исследователей в течение последнего десятилетия из-за

увеличения числа сообщений о случаях пожаров со всего мира из-за серьезного ущерба обществу и окружающей среде.

Обычные методы, такие как патрулирование, сторожевые вышки, просты, но не эффективны. Проблемы, связанные с этими методами, заключаются в небрежности охранников, отсутствии на посту, невозможности мониторинга в режиме реального времени, ограниченном охвате территории. Спутниковый мониторинг является популярным и наиболее широко используемым методом, но он требует длительного цикла сканирования, и до его завершения огонь может распространяться неконтролируемым образом. Этот метод охватывает широкие области, но разрешение изображений низкое, и иногда облака и туманы могут маскировать изображения, что приводит к искажениям изображения.

В РФ ОКБ «Бурстройпроект» разработало перспективную модель возникновения пожаров и чрезвычайных пожарных ситуаций.

Во втором разделе проводилась оценка эффективности применяемых систем и технологий для обеспечения пожарной безопасности и средств мониторинга населенных пунктов.

Определено, что показатели эффективности систем и технологий обеспечения пожарной безопасности отражаются в статистике пожаров на территории населенных пунктов.

В соответствии с Российским и международным опытом наиболее эффективными мерами для снижения количества пожаров на территории населенных пунктов являются профилактические меры.

При реализации профилактических мер по результатам мониторинга пожарной опасности погоды удаётся сократить количество пожаров на 20-50%, а системы раннего обнаружения возникновения пожаров могут ускорить ликвидацию более крупных пожаров на большой площади.

Для обнаружения пожаров было использовано множество методов. Однако существующие подходы все еще имеют различные практические проблемы для их использования в практических условиях. Использование

систем на базе беспилотных летательных аппаратов для обнаружения пожаров может обеспечить быстрый и недорогой способ удовлетворения важнейших требований борьбы с пожарами, поскольку они позволяют избежать недостатков систем, основанных на спутниках, пилотируемых летательных аппаратах и наземном оборудовании.

Хотя существующие исследования демонстрируют возможность и потенциальные преимущества использования беспилотных летательных аппаратов для обнаружения пожаров, разработка таких систем, включая соответствующие аппаратные средства, программное обеспечение и стратегии их использования, все еще минимальна в ограниченном количестве исследовательских работ.

Требуется дальнейшее изучение всех аспектов их использования, включая подходящие системные платформы, датчики дистанционного зондирования и алгоритмы для обнаружения пожаров и загораний.

Кроме того, сочетание беспилотных летательных аппаратов и методов дистанционного зондирования также является особенно сложной задачей.

Обнаружение пожаров с помощью беспилотных летательных аппаратов остается затруднительным, учитывая очень сложную, неструктурированную среду территории, вероятность того, что дым заблокирует получение изображения, вибрация и движение установленных камер на беспилотных летательных аппаратах часто возникают либо ложные тревоги, либо сбои в работе системы обнаружения. Способы снижения частоты ложных срабатываний, повышения высокой вероятности обнаружения и расширения адаптивных возможностей в различных условиях окружающей среды для повышения надежности обнаружения пожаров – все это заслуживает дальнейшего изучения.

Хотя несколько существующих исследований подтвердили, что объединение инфракрасных и визуальных изображений может способствовать точности обнаружения пожаров с высокой вероятностью обнаружения, способы снижения частоты ложных срабатываний и

повышения адаптивности к различным условиям окружающей среды по-прежнему остаются сложными вопросами, которые требуют дальнейшего изучения, в частности, для ситуации с применением беспилотных летательных аппаратов.

В целом, разработанные методы обнаружения пожара, основанные на цифровой видеофиксации, применяются путем отделения пожаров от статического фона. Однако методы, использующие особенности и характеристики огня для обнаружения пожара, могут не работать должным образом, когда камеры подключены к беспилотным летательным аппаратам, которые движутся в течение всего периода эксплуатации. При таких обстоятельствах все объекты (включая интересующие объекты и фон) на захваченных изображениях движутся, что является основной причиной сбоя в обнаружении пожара.

В третьем разделе произведена разработка технического решения по совершенствованию системы мониторинга пожарной опасности и методов противопожарной защиты населенных пунктов.

Традиционные методы обнаружения дыма в основном основаны на отборе проб частиц. Это требует непосредственной близости к источнику дыма. Пожарная тревога подается только тогда, когда частицы достигают датчиков обнаружения дыма и активируют их. Более того, традиционные методы обнаружения дыма затрудняют обнаружение дыма на открытых и больших пространствах. Кроме того, обнаружение дыма со значительно низкой частотой ложных срабатываний остается сложной задачей для применения на открытых и больших пространствах с помехами (аналогичными свойствам дыма, включая цвет, движение или текстуру) от окружающей среды, такими как специфические породы деревьев, особенности грунта, колебания освещенности, вызванные изменениями климата, погоды и времени суток. Между тем, по сравнению с пламенем визуальные характеристики дыма, включая цвет и текстуру, менее резкие.

Эти явления делают довольно трудным и еще более запутанным извлечение дыма из помех и фона.

Для достижения эффективного обнаружения дыма предлагается алгоритм нечеткого обнаружения дыма, учитывающий цветовую характеристику дыма.

Все изображения снимаются с видеокамер, которые установлены на нижней части беспилотника и ориентированы в переднем нижнем направлении с заданным углом наклона. Преимущество этой конфигурации заключается в том, что она позволяет сконцентрироваться на информации и значительно уменьшить неблагоприятное воздействие облаков (которые в некоторой степени схожи по цвету и форме с дымом) в небе. Предлагаемый способ является адаптивным к изменениям погодных условий, времени суток, особенностям территории.

Беспилотные летательные аппараты самолётного типа обладают рядом преимуществ, таких как более высокая крейсерская скорость и высота полета, высокая стабильность полета, большое время беспосадочного полёта и дальность. С другой стороны, беспилотники вертолётного типа менее требовательны к месту взлёта и посадки, поскольку они могут взлетать и садиться вертикально независимо от типа поверхности.

В настоящее время существуют гибридные беспилотные летательные аппараты, которые сочетают в себе преимущества того и другого.

Проведя тщательный анализ, решено использовать ALTi Transition-F для вертикального взлета и посадки беспилотный летательный аппарат самолётного типа.

Высотный беспилотник ALTi Transition-F будет оснащен камерой NightHawk 2 EO /IR с 20-кратным зумом и тепловым разрешением 640×480.

Поскольку беспилотник будет летать на большей высоте, расстояние от камеры до поверхности земли может быть значительным, и это может привести к сообщению о многих ложных тревогах. Чтобы свести к минимуму их количество, будет использован второй беспилотник вертолётного типа.

Использование данного беспилотника обеспечит возможность более тщательного осмотра области возможного пожара.

Для подтверждения обнаружения пожара предложено использовать беспилотный летательный аппарат DJI Matrice 210 RTK,. Преимуществом дронов серии Matrice 200 является то, что они сертифицированы по стандарту IP 43, то есть они выдерживают влажность и могут летать в условиях тумана или дождя.

Предложено использовать оптическую камеру Zenmuse X4S 4K, которая поставляется с 20-мегапиксельным 1-дюймовым сенсором, с максимальным ISO 12800 и увеличенным динамическим диапазоном. Второй камерой на дроне предложена тепловизионная камера Zenmuse XT2, которая объединяет термодатчик FLIR с высоким разрешением и визуальную камеру 4K с хорошей стабилизацией и технологией обработки для быстрого преобразования аэрофотоснимков в аналитическую информацию.

Предлагаемая система мониторинга пожаров использует систему передачи изображений Lightbridge2 от DJI.

Сравнение с общим алгоритмом показывает, что предлагаемый способ мониторинга может распознавать опасность пожаров с большей точностью, удовлетворяя при этом требованиям к обработке данных распознавания сцен в реальном времени. Таким образом, предлагаемая система применима для мониторинга пожаров.

Экономический эффект от реализации предлагаемого способа мониторинга, который может распознавать опасность пожаров с большей точностью, удовлетворяя при этом требованиям к обработке данных распознавания сцен в реальном времени составит 22,335 млн. руб.

Список используемых источников

1. Ершов Д. В., Ковганко К. А., Шуляк П. П. Современные возможности геоинформационной системы мониторинга лесных пожаров ГИС ИСДМ-Рослесхоз // Пожаровзрывобезопасность. 2010. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-vozmozhnosti-geoinformatsionnoy-sistemy-monitoringa-lesnyh-pozharov-gis-isdm-rosleshoz> (дата обращения: 19.12.2022).

2. Коршунов Н. А., Мартынюк А. А., Савченкова В. А., Калинин М. С. Оценка состояния средств тушения лесных пожаров и экономической эффективности их применения // Лесохозяйственная информация. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-sredstv-tusheniya-lesnyh-pozharov-i-ekonomicheskoy-effektivnosti-ih-primeneniya> (дата обращения: 07.06.2023).

3. Об определении Порядка, видов, сроков обучения лиц, осуществляющих трудовую или служебную деятельность в организациях, по программам противопожарного инструктажа, требований к содержанию указанных программ и категорий лиц, проходящих обучение по дополнительным профессиональным программам в области пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 18.11.2021 г. № 806. URL: <https://docs.cntd.ru/document/727122310?ysclid=lbuewxrzw252965428> (дата обращения: 18.11.2022).

4. Об утверждении типовых дополнительных профессиональных программ в области пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Приказ МЧС России от 5 сентября 2021 г. № 596. URL: <https://docs.cntd.ru/document/608935004?ysclid=lbuexdfdyfd532271640> (дата обращения: 18.11.2022).

5. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Постановление правительства РФ от 16

сентября 2020 г. № 1479. URL:
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_363263 (дата обращения:
17.12.2022).

6. Об утверждении Положения о лицензировании деятельности по тушению пожаров в населенных пунктах, на производственных объектах и объектах инфраструктуры [Электронный ресурс]: Постановление правительства РФ №1131 от 28.07.2020 г. URL:
<https://docs.cntd.ru/document/565438862?ysclid=lbuexv8m9f140999896> (дата обращения: 17.12.2022).

7. Об утверждении Положения о лицензировании деятельности по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений [Электронный ресурс] : Постановление правительства РФ №1128 от 28.07.2020 г. URL:
<https://docs.cntd.ru/document/565438869?ysclid=lbuely98cm3802215444> (дата обращения: 17.12.2022).

8. Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», и о признании утратившим силу постановления Правительства Российской Федерации от 4 июля 2020 г. № 985 [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 28.05.2021 № 815. URL:
<https://docs.cntd.ru/document/603700806?ysclid=lbuf00rgzp152346864> (дата обращения: 18.11.2022).

9. Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по предоставлению государственной услуги по регистрации декларации пожарной безопасности и формы декларации пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Приказ Министерства Российской Федерации по

делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 16.03.2020 № 171. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202004170036?ysclid=lbuf0e Skor37039157> (дата обращения: 18.11.2022).

10. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ. URL: <https://sudrf.cntd.ru/document/9009935> (дата обращения: 23.11.2022).

11. О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ (ред. от 11.06.2021). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438 (дата обращения: 21.11.2022).

12. О порядке сбора и обмена в Российской Федерации информацией в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера [Электронный ресурс] : Постановление Правительства Российской Федерации от 24 марта 1997 №334. URL: <https://base.garant.ru/10600054/?ysclid=lbuf0zlf9344626774> (дата обращения: 18.11.2022).

13. О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения [Электронный ресурс] : ТР ЕАЭС 043/2017. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456080708?ysclid=lbye9nh9qk657412846> (дата обращения: 18.11.2022).

14. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 7.13130.2013. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200098833?ysclid=17hqxpwzq5958440346> (дата обращения: 17.11.2022).

15. Патент RU2747667C1 Российская Федерация. Комплексная система мониторинга природных пожаров / Лобода Егор Леонидович (RU) : заявитель и правообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный

исследовательский Томский государственный университет» (RU) ; заявл. 12.08.2020 ; опубл. 12.05.2021. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2747667C1_20210512 (дата обращения: 19.12.2022).

16. Патент RU2766070C2 Российская Федерация. Способ обнаружения и тушения пожаров сельхозугодий, степных и лесных массивов атмосферным азотом / Белозеров Валерий Владимирович (RU) : заявитель и правообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Краснодарский Компрессорный завод» (RU) ; заявл. 07.08.2020 ; опубл. 07.02.2022. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2766070C2_20220207 (дата обращения: 19.12.2022).

17. Патент RU2759480C1 Российская Федерация. Комбинированный состав для пожаротушения, способ комбинированного пожаротушения и микрокапсулированный огнегасящий агент / Авдиенко Надежда Анатольевна (RU) : заявитель и правообладатель Закрытое акционерное общество «Производственное объединение «Спецавтоматика» (RU) ; заявл. 24.08.2020 ; опубл. 15.11.2021. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2759480C1_20211115 (дата обращения: 19.12.2022).

18. Производственные услуги. Средства индивидуальной защиты людей при пожаре. Нормы и правила размещения и эксплуатации. Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 58202-2018. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200160175?ysclid=lbuez8651600715626> (дата обращения: 18.11.2022).

19. Производственные услуги. Добровольная пожарная охрана. Общие требования [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 58853-2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200173327?ysclid=lbuezkz0j5495652171> (дата обращения: 18.11.2022).

20. Производственные услуги. Услуги по построению системы мониторинга автоматических систем противопожарной защиты и вывода сигналов на пульт централизованного наблюдения 01 и 112 [Электронный

ресурс] : ГОСТ Р 56935-2016. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/61996/?ysclid=lbue8n4y2p515145358> (дата обращения: 18.11.2022).

21. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы [Электронный ресурс] : СП 1.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (дата обращения: 17.11.2022).

22. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты [Электронный ресурс] : СП 2.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248963?ysclid=17hqwyvw68251196235> (дата обращения: 18.11.2022).

23. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/675> (дата обращения: 17.11.2022).

24. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара [Электронный ресурс] : СП 4.13130.2013. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 02.12.2022).

25. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 6.13130.2021. URL: <https://docs.cntd.ru/document/603668016> (дата обращения: 05.12.2022).

26. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение [Электронный ресурс] : СП 8.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565391175> (дата обращения: 10.11.2022).

27. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод [Электронный ресурс] : СП 10.13130.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249684?marker=7D20K3> (дата обращения: 11.12.2022).

28. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и

правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 484.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686> (дата обращения: 17.11.2022).

29. Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс] : СП 486.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/566348486> (дата обращения: 10.12.2022).

30. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс] : СП 485.1311500.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573004280?ysclid=l6kc9vem4v317416032> (дата обращения: 18.11.2022).

31. Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации [Электронный ресурс] : СП 9.13130.2009. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071153> (дата обращения: 11.11.2022).

32. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 19.11.2022).

33. Тогидний Р.Л., Иванова П.С., Шкуратов А.В. Создание системы мониторинга пожарной опасности по условиям погоды // Проблемы информатики. 2011. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozдание-sistemy-monitoringa-pozharnou-opasnosti-po-usloviyam-pogody> (дата обращения: 19.12.2022).

34. Bodrozic, L., Stipanicev, D., and Stula, M., “Agent based data collecting in a forest fire monitoring system”, International Conference on Software in Telecommunications and Computer Networks, 2006, IEEE CONFERENCE PUBLICATIONS, pp. 326-330, 2006/

35. Breejen E., Breuers M., Cremer F., R.A.W Kemp, M. Roos, K. Schutte and J.S. Vries. Autonomous forest fire detection. Proc. of Third International

Conference on Forest Fire Research and Fourteenth Conference on Fire and Forest Meteorology, Luso, Portugal. 1998 : 2003–2012.

36. LU Zhiping, QIN Huibin, HU Ji, HUANG Sufang, The Design of Wireless Sensor Networks for Forest Fire Monitoring System.

37. Pushpender Kumar, Narottam Chand “Clustering in Wireless Multimedia Sensor Networks Using Spectral Graph Partitioning” Int'l J. of Communications, Network and System Sciences Vol.6 No.3(2013), Article ID:29037,6 pages DOI:10.4236/ijcns.2013.63015.

38. Son B., Her Y., and K. Kim, “A Design and Implementation of Forest-Fires Surveillance System based on Wireless Sensor Networks for South Korea Mountains ”International Journal of Computer Science and Network Security, vol. 6, no. 9, pp. 124– 130,2006.