

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(Наименование института полностью)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Пожарная безопасность

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Система использования беспилотных летательных аппаратов для ранней
диагностики лесных пожаров

Обучающийся

Д.Д. Хабибуллина

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.г.н., доцент С.С. Родионов

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

Консультант

к.э.н., доцент Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2023

Аннотация

Описана система использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.

Цель – разработка новых методов по эффективному управлению системы использования беспилотных летательных аппаратов выявления пожаров.

Задачи:

- провести сравнительный анализ статистики лесных пожаров в Российской Федерации за последние 5 лет;
- сравнение технических устройств по диагностике лесных пожаров;
- разработка и внедрение новых методов по эффективному управлению системы использования беспилотных летательных аппаратов выявления пожаров.

Отчет содержит введение, 6 разделов, заключение (46 страниц, 4 рисунка, 14 таблиц).

Содержание

Введение.....	4
Термины и определения.....	6
Перечень сокращений и обозначений.....	7
1 Сравнительный анализ статистики лесных пожаров в Российской Федерации за последние 5 лет.....	8
2 Диагностика лесных пожаров.....	12
3 Система использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.....	15
4 Охрана труда.....	20
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность.....	25
6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.....	37
Заключение.....	40
Список используемых источников.....	42

Введение

В России наблюдается рост городской инфраструктуры. Это объясняется быстрым темпом развития рыночной экономики. В последние годы особый интерес уделяется обеспечению пожарной безопасности различных зданий и сооружений [23]. Очевидно, что актуальность данной тематики обоснована тем, явление пожара часто влечет за собой немалое количество человеческих жертв, а также ущерб окружающей среде.

Если говорить о технологиях управления, то они строятся на принципах единоначалия, принципе оправданного риска и принципе бесперебойной работы [25]. Организация управления спасательными формированиями сводится на выполнении основной задачи – спасении жизни людей и снижении опасных факторов на здоровье людей [14]. Основными документами нормативно-правовой базы являются федеральные законы, постановления Правительства (о функции РСЧС), приказы МЧС России относительно тактики тушения пожаров и основ караульной и гарнизонной служб подразделений пожарной охраны, также научные статьи по теме исследования [4].

Таким образом, правильно сформированная поставленная задача по управлению технических систем – это половина решения проблемы с управлением пожарами на открытой местности.

«Состояние лесных зон требует регулярного контроля со стороны специальных служб. Мониторинг проводится по нескольким направлениям: качественный состав ресурсов, борьба с вредителями, аэросев, отслеживание распространения пожаров. Для проведения качественного контроля ежегодно привлекаются сотни воздушных судов. Использование беспилотников для охраны леса – альтернатива классической авиационной разведке. Совокупность технических характеристик позволяет использовать дроны в чрезвычайных ситуациях, когда полёты стандартных судов неэффективны или невозможны» [10].

Поэтому необходимо провести анализ результатов мониторинга управления пожарами на открытой местности посредством внедрения в работу лесопожарных служб современных средств БПЛА.

Цель – разработка новых методов по управлению системы использования беспилотных летательных аппаратов выявления пожаров.

Задачи:

- провести сравнительный анализ статистики лесных пожаров в Российской Федерации за последние 5 лет;
- сравнение технических устройств по диагностике лесных пожаров;
- разработка и внедрение новых методов по эффективному управлению системы использования беспилотных летательных аппаратов выявления пожаров.

Термины и определения

«Безопасная зона – зона, в которой люди защищены от воздействия опасных факторов пожара или в которой опасные факторы пожара отсутствуют» [28].

«Допустимый пожарный риск – пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий» [28].

«Лесной пожар – самопроизвольное или спровоцированное человеком возгорание в лесных экосистемах» [25].

«Низовой пожар – пожар, распространяющийся по земле и по нижним ярусам лесной растительности. При низовом пожаре горят лесная подстилка, травяно-кустарничковый покров, подрост и подлесок» [25].

«Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства» [15].

«Пожарная опасность объекта защиты – состояние объекта защиты, характеризующее возможность возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара» [28].

«Пожароопасная (взрывоопасная) зона – часть замкнутого или открытого пространства, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие вещества и в котором они могут находиться при нормальном режиме технологического процесса или его нарушении (аварии)» [28].

«Природный пожар – неконтролируемый процесс горения, стихийно возникающий и распространяющийся в природной среде» [25].

Перечень сокращений и обозначений

АПС – автоматическая система пожарной сигнализации

АУПТ – автоматическая система пожаротушения

АСР – аварийно-спасательные работы

БПЛА – беспилотный летательный аппарат

ВМП – воздушно-механическая пена

ЕДДС – единая дежурно-диспетчерская служба

МКУ ЦГЗ – муниципальное казенное учреждение центр гражданской защиты

ОВ – огнетушащее вещество

ОТ – охрана труда

ОТВ – огнетушащее вещество

ПБ – пожарная безопасность

ПВ – противопожарный водоем

ПГ – пожарный гидрант

ПДК – предельно-допустимая концентрация

ПО – пожарная охрана

РЛЧС – руководитель ликвидации чрезвычайной ситуации

РТП – руководитель тушения пожара

СМИ – средства массовой информации

ТБ – техника безопасности

ЧС – чрезвычайная ситуация

1 Сравнительный анализ статистики лесных пожаров в Российской Федерации за последние 5 лет

Ежегодно в России происходит от 10 до 25 тысяч лесных пожаров. Несомненно, эта цифра зависит от ряда обстоятельств (погодные условия в весенне-летний период – температурный режим, особенности силы ветра) [33].

На рисунке 1 приведены данные количества лесных пожаров в России за 5 лет.

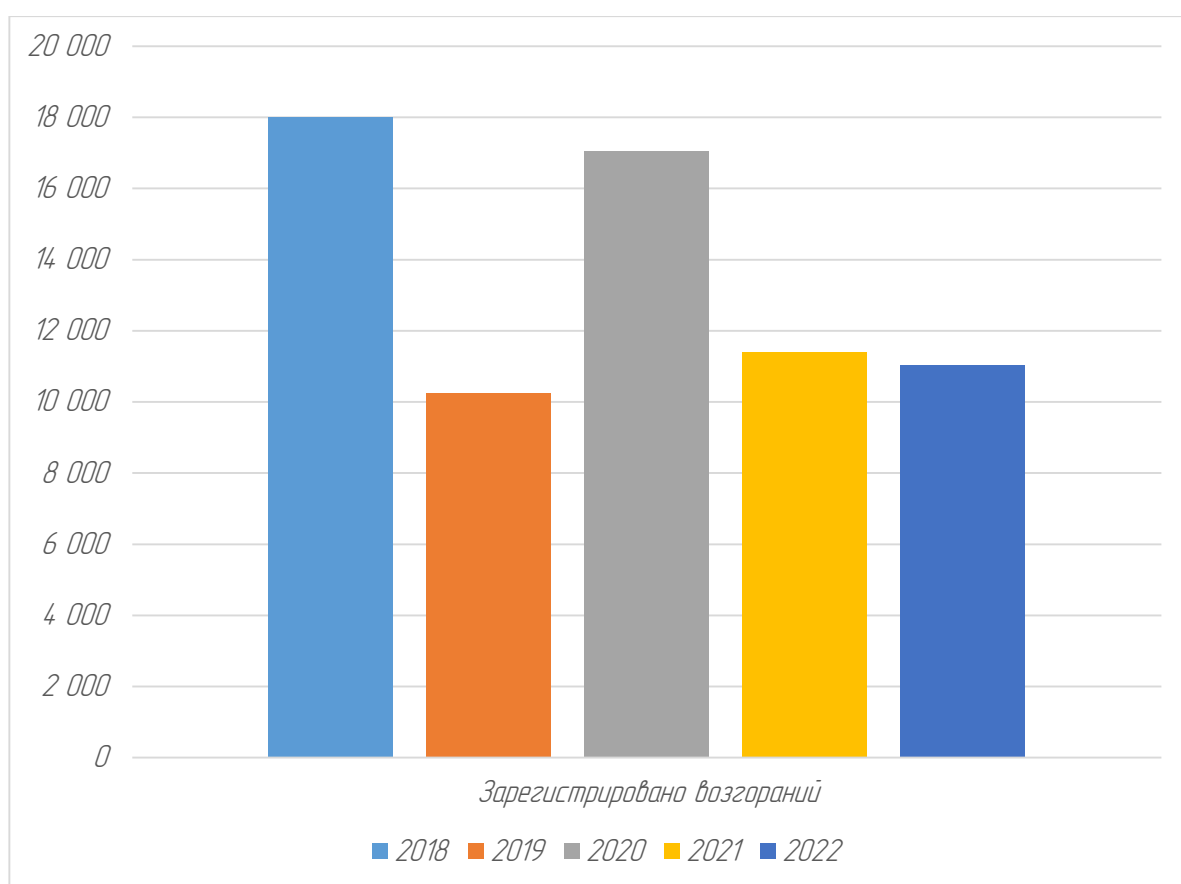


Рисунок 1 – Данные количества лесных пожаров в России за 5 лет

На рисунке 2 приведены данные площади (в млн. Га) лесных пожаров в России за 5 лет [1].

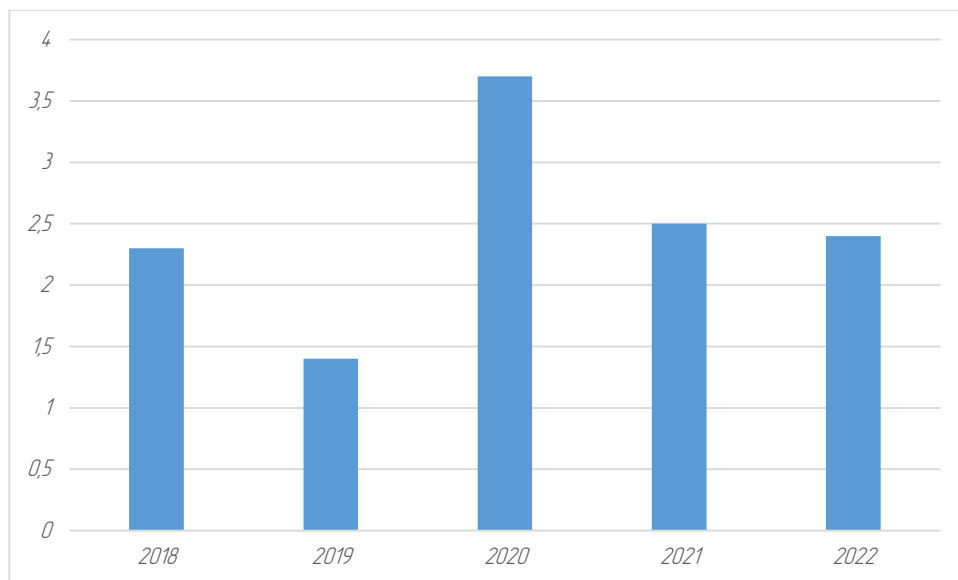


Рисунок 2 – Данные площади (в млн. Га) лесных пожаров в России за 5 лет

Причинами возникновения пожаров в лесах являются:

- неосторожное обращение с огнем;
- поджог;
- несоблюдение правил поведения в лесах (непотушенный огонь, костер в лесу, непотушенные выброшенные сигареты, выжигание сухой травы или порубочных остатков [20];
- разряды статического электричества и грозовые разряды;
- самовозгорание (касается торфяников) [32].

«По информации региональных диспетчерских служб лесного хозяйства, за прошедшие сутки 02.05.2023 в 21 регионе России лесопожарные службы и привлеченные лица ликвидировали 71 лесной пожар на площади, пройденной огнем 4 030 га. Лесные пожары ликвидированы в Вологодской, Курганской, Ульяновской, Свердловской, Тюменской, Псковской, Челябинской, Амурской, Иркутской, Новосибирской, Оренбургской, Омской областях, Удмуртской Республике, Пермском, Красноярском, Забайкальском,

Хабаровском, Алтайском, Приморском краях, Ханты-Мансийском автономном округе, Еврейской автономной области» [14].

На 03.05.2023 на территории 10 регионов РФ произошло 58 лесных пожаров на площади, пройденной огнем 10 236 Га, из которых локализовано 17 лесных пожаров.

Сформируем график лесопожарной обстановки в России на 03.05.2023.

На рисунке 3 приведен график лесопожарной обстановки в России на 03.05.2023.

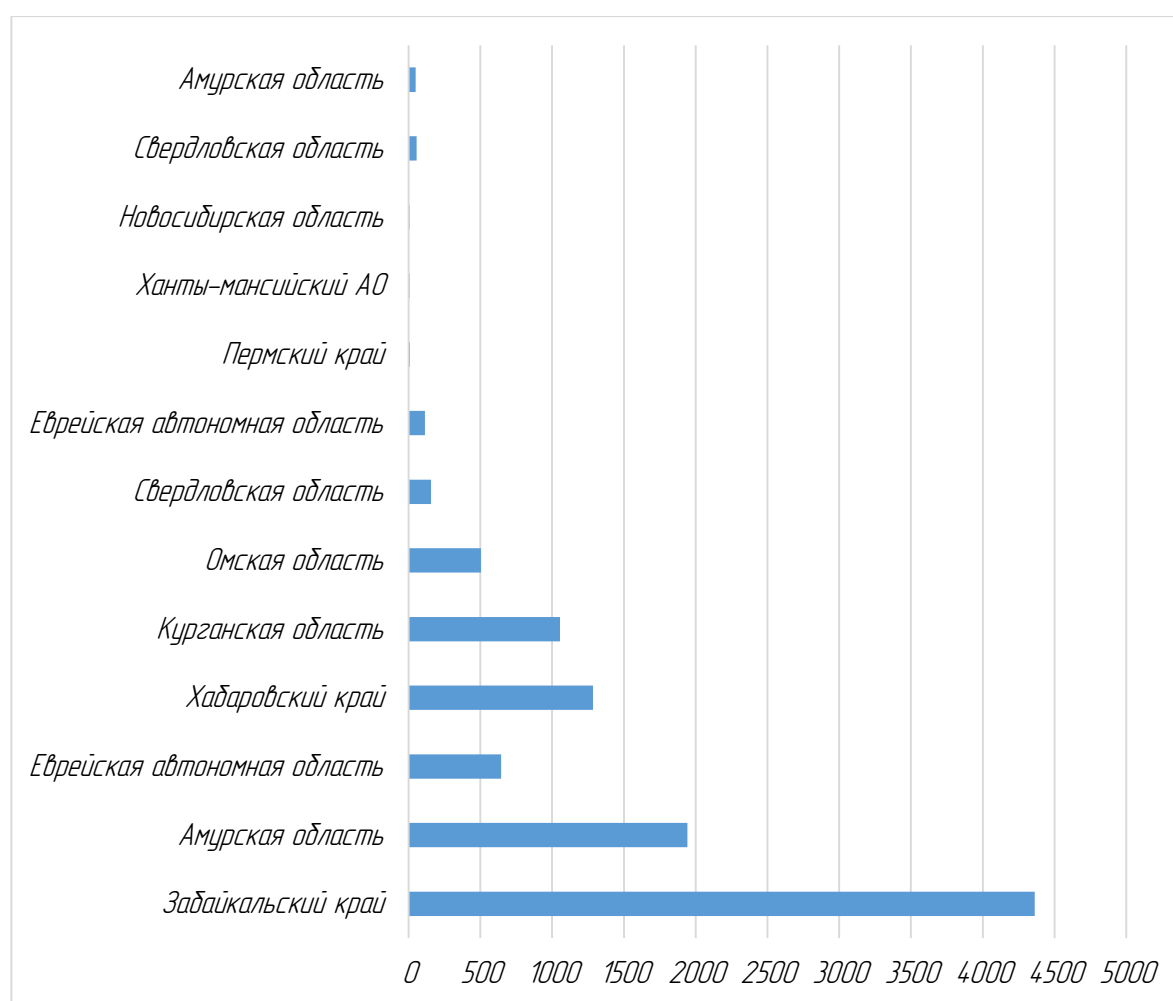


Рисунок 3 – График лесопожарной обстановки в России на 03.05.2023

Из графика видно, что основными зона горения лесов являются Забайкальский край, Амурская область, Хабаровский край и Курганская область. Это те регионы России, где большая площадь территорий занята лесным массивом [19].

«68,3% территории Забайкальского края покрыто лесами (для справки: средняя лесистость России — 45,3%). Общая площадь лесов — 34,098 млн га. Из них к землям лесного фонда относятся 32,650 млн га. При этом лесистость края неравномерна — от 5–10% на юге до 90% на юго-западе и севере» [9].

Причиной такого распределения является влажные климатические условия и уровень тепловыделения, а также неравномерность почвенного покрова этой территории. Тем более, площадь лесов края 70% от всей площади территории, следовательно является зоной особой пожарной обстановки [34].

«Лесные ландшафты несплошные, разобщенные смежными природными комплексами и, как следствие, неустойчивые к внешним антропогенным процессам. Нарушение лесного покрова (вырубки, пожары) ускоряют заболачивание, усиливают деградацию многолетней мерзлоты, оврагообразование, остепнение. За последние десять лет в связи с продолжительными периодами засухи и ростом интенсивности незаконных рубок леса увеличилось количество пожаров и величина площадей, пройденных огнем» [9].

Выводы к разделу 1:

Причинами возникновения пожаров в лесах являются:

- неосторожное обращение с огнем;
- поджог;
- несоблюдение правил поведения в лесах (непотушенный огонь, костер в лесу, непотушенные выброшенные сигареты, выжигание сухой травы или порубочных остатков;
- разряды статического электричества и грозовые разряды;
- самовозгорание (касается торфяников).

2 Диагностика лесных пожаров

Диагностика лесных пожаров проводится путем визуального обследования состояния лесов (механизированные или пешие дозоры) должностными лицами и работниками лесного хозяйства, а также службами противопожарного управления. Кроме того, работниками лесного хозяйства проводится большая работа по установке камер видеонаблюдения, расчистке леса и благоустройства территории.

«Система мониторинга представляет собой совокупность совместно действующих технических средств и каналов связи в составе централизованной автоматизированной системы передачи извещений о происходящих пожарах, тревогах, чрезвычайных ситуациях и техническом состоянии систем противопожарной защиты. Информационная система мониторинга чрезвычайных ситуаций, вызванных пожарами, сосредотачивается на раннем предупреждении и непосредственном мониторинге, а также оценке опасности и уменьшению ущерба. Она может выражаться в спутниковых наблюдениях за выявлением и обнаружением пожаров с помощью специальных датчиков, таких как, например, радиометр с очень высоким разрешением, спектрометрический радиометр изображений с умеренным разрешением, радиометр для визуализации в видимом инфракрасном диапазоне» [4].

«Плюсы и минусы используемых алгоритмов и систем, включая их потенциал в оперативном оповещении о пожарах. Также при мониторинге применяется дистанционное зондирование со спутника, которое может предоставить информацию о ряде переменных, подходящих для оценки оценок пожарной опасности» [4].

«Основными показателями качества противопожарных минерализованных полос являются минерализация (по допустимым размерам необработанных участков поверхности почвы) и степень заделки грунтом [11].

Допустимая длина необработанных участков поверхности почвы должна быть не более 3 % на каждые 100 м длины противопожарной минерализованной полосы в зависимости от степени природной пожарной опасности участка. Допустимая степень заделки растительных остатков на противопожарной минерализованной полосе должна быть не менее 90% в зависимости от степени природной пожарной опасности участка» [26].

Рассмотрим меры санитарной безопасности в лесу.

«Меры санитарной безопасности в лесах включают в себя:

- лесозащитное районирование;
- государственный лесопатологический мониторинг;
- проведение лесопатологических обследований;
- предупреждение распространения вредных организмов;
- иные меры санитарной безопасности в лесах, в том числе:
- рубку аварийных деревьев - рубку деревьев с наличием структурных изъянов, в том числе гнилей, обрыва корней, опасного наклона, способных привести к падению всего дерева;
- агитационные мероприятия, в том числе профилактические беседы с населением, проведение открытых уроков, развешивание аншлагов и плакатов, а также размещение материалов в СМИ о необходимости соблюдения правил санитарной безопасности в лесах» [15].

Перечень мероприятий по организации системы обнаружения и учета лесных пожаров, системы наблюдения за их развитием:

- наземное патрулирование;
- обнаружение загораний и регистрация сообщений [27];
- организация тушения, сбор и обработка информации [21];
- мониторинг по средствам видеообнаружения лесных пожаров;
- получение сведений о пожарной опасности по телефонной связи;

- перечень выявленных проблем, рисков для управления пожарами на открытой местности [24].

Оповещение населения и противопожарных служб о пожарной опасности в лесах и лесных пожарах осуществляется МКУ «ЦГЗ г. о. Тольятти» радио и телетрансляции, профилактические рейды локального оповещения с использованием автомобиля, оборудованного громкоговорящим устройством.

Выводы к разделу 2

Диагностика лесных пожаров проводится путем визуального обследования состояния лесов (механизированные или пешие дозоры) должностными лицами и работниками лесного хозяйства, а также службами противопожарного управления. Кроме того, работниками лесного хозяйства проводится большая работа по установке камер видеонаблюдения, расчистке леса и благоустройства территории.

При анализе результатов мониторинга управления пожарами на открытой местности проведено:

- внедрение в работу лесопожарных служб современных средств БПЛА;
- выверка лесных дорог предназначенных для охраны лесов от пожаров;
- наличие и состояние посадочных площадок для самолетов и вертолетов, используемых в целях проведения авиационных работ по охране и защите лесов [29];
- определение качества мониторинга противопожарной обстановки.

3 Система использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров

Ускоренное реагирование на пожар необходимо. Чем раньше удастся обнаружить пожар, тем быстрее можно добиться ликвидации этого лесного пожара. В настоящее время для диагностики лесных пожаров используют камеры видеонаблюдения, которые устанавливают в целях обеспечения противопожарного режима. Также оптимальным средством мониторинга и диагностики лесных пожаров являются беспилотные летательные аппараты, которые позволяют в рамках оперативного реагирования зафиксировать пожар в лесу [30].

БПЛА – это эффективное техническое средство авиационной промышленности без экипажа на борту. Они созданы для воздушной съемки и наблюдения за объектами на местности в условиях реального времени [35].

Первые «беспилотники» или «дроны» появились в XIX веке. В 1899 году Николай Тесла создал первый в мире радиоуправляемый кораблик, это и стало толчком к созданию современных летательных аппаратов.

«После Первой мировой войны несколько обычных самолетов были преобразованы американцами в беспилотные. Благодаря успеху этой доработки, уже в 1933 году англичане запустили свою радиоуправляемую мишень многократного использования Fairey Queen на базе разведывательных самолетов Fairey IIIF. С каждым годом механизмы беспилотных летательных аппаратов совершенствовались, а их популярность в различных отраслях продолжала расти. В современном мире они применяются уже не только в военных, но и в гражданских целях (сельское хозяйство, строительство, противопожарная безопасность) они занимаются не только мониторингом районов, сбором погодной информации, но даже перевозкой грузов» [3].

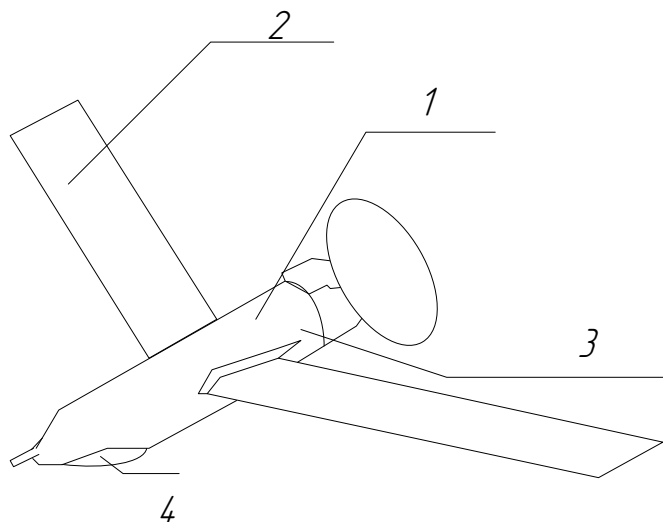
Особенности применения БПЛА при диагностике лесных пожаров:

- высокая стоимость полета (25000 рублей/ч);

- высокая скорость видео передачи должностным лицам пожарной охраны;
- способность ретранслировать сигналы [36].

«БПЛА исполняют роль разведывающего устройства, контролирующего размеры очагов возгорания, осуществляют оперативную подачу картины пожара и таким образом помогают руководителю тушения пожара правильно координировать действия пожарного расчёта. Это позволяет руководителю тушения пожара направлять в наиболее опасные места возгорания технические средства, пожарную технику и боевой расчёт. Оценивая финансовые аспекты использования БПЛА, можно отметить, что цена часа эксплуатации в пять раз ниже в сравнении с традиционными средствами авиационной охраны лесов (вертолёты и самолёты)» [3].

Рассмотрим беспилотный летательный аппарат для мониторинга протяженных объектов, представленный на рисунке 4.



1 – фюзеляж; 2 – крыло; 3 – силовая установка; 4 – платформа; 5 – связь

Рисунок 4 – Схема БПЛА

«Беспилотный летательный аппарат для мониторинга протяженных объектов включает планер, силовую установку, систему автоматического и дистанционного управления полетом летательного аппарата и работой его систем, бортовую систему диагностики состояния протяженных объектов» [2].

В устройство представленного БПЛА входит стабилизированная платформа, которая предназначена для размещения датчиков (фото, видео), тепловизоров и газоанализаторов [36].

«Силовая установка, содержащая двигатель и толкающий винт, размещена в задней части беспилотного летательного аппарата, а универсальная гиростабилизированная платформа с датчиками - в передней части планера. Использование полезной модели позволяет повысить эффективность мониторинга протяженных объектов за счет расширения функциональных возможностей БПЛА» [2].

Особенность применения рассматриваемого технического решения – повышение эффективности мониторинга протяженных объектов за счет расширения функциональных возможностей БПЛА.

«Технический результат достигается за счет расширения функциональных возможностей:

- возможно использование нескольких типов сменных фюзеляжей, предназначенных для разных целевых нагрузок;
- универсальная гиростабилизированная платформа позволяет одновременно разместить на ней несколько типов датчиков, предназначенных для мониторинга протяженного объекта» [2].

Запуск производится по маршруту заданной траектории, а также по координатам посадки БПЛА. В результате полета БПЛА, по каналу телеметрического узла происходит передача данных с датчиков бортовой системы и объекта (то есть в нашем случае лесного массива). Диспетчер полета (специалист пуска БПЛА) может контролировать траекторию, изменять его направление или маршрут в процессе работы. Далее,

производится получение и обработка данных, полученных с БПЛА (фиксация координат лесного пожара, характер и стадия пожара по спутниковой связи и принимающей антенне). Более подробные данные можно получить при посадке БПЛА [6].

Отличительные особенности выбранного технического устройства БПЛА от подобных средств мониторинга:

- автоматическое управление;
- применение нескольких видов фюзеляжей (для различных целевых нагрузок);
- возможность эксплуатации в условиях недостаточной видимости;
- возможность сохранения целостности при падении [22];
- применение нескольких датчиков фиксации на стабилизированной платформе [5].

Выводы к разделу 3

Рассмотрен беспилотный летательный аппарат для мониторинга протяженных объектов. Запуск производится по маршруту заданной траектории, а также по координатам посадки БПЛА. В результате полета БПЛА, по каналу телеметрического узла происходит передача данных с датчиков бортовой системы и объекта (то есть в нашем случае лесного массива). Диспетчер полета (специалист пуска БПЛА) может контролировать траекторию, изменять его направление или маршрут в процессе работы. Далее, производится получение и обработка данных, полученных с БПЛА (фиксация координат лесного пожара, характер и стадия пожара по спутниковой связи и принимающей антенне). Более подробные данные можно получить при посадке БПЛА [6].

Отличительные особенности выбранного технического устройства БПЛА от подобных средств мониторинга:

- автоматическое управление;

- применение нескольких видов фюзеляжей (для различных целевых нагрузок);
- возможность эксплуатации в условиях недостаточной видимости;
- возможность сохранения целостности при падении [22];
- применение нескольких датчиков фиксации на стабилизированной платформе [5].

Ранняя диагностика лесного пожара – это ускоренное реагирование на его возникновение. Чем раньше удастся обнаружить пожар, тем быстрее можно добиться ликвидации этого лесного пожара. В настоящее время для диагностики лесных пожаров используют камеры видеонаблюдения, которые устанавливают в целях обеспечения противопожарного режима. Также оптимальным средством мониторинга и диагностики лесных пожаров являются беспилотные летательные аппараты [31].

4 Охрана труда

Профессии, рассматриваемые для разработки реестра профессиональных рисков: оператор БПЛА, диспетчер по управлению информацией БПЛА, инженер по настройке БПЛА.

Реестр профессиональных рисков:

- опасность падения из-за потери равновесия, в том числе при спотыкании или проскальзывании;
- опасность натывания на неподвижную колющую поверхность (кустарники лесного массива) [1];
- опасность падения груза (деревья, ветки) [7].

В таблице 1 представлен реестр рисков.

Таблица 1 – Реестр рисков

Опасность	ID	Опасное событие
Опасность падения из-за потери равновесия, в том числе при спотыкании или проскальзывании	3	Получение травмы
Опасность падения из-за внезапного появления на пути следования большого перепада высот	2	Получение травмы
Опасность удара (головой)	2	Получение травмы
Опасность натывания на неподвижную колющую поверхность (острие)	3	Получение травмы
Опасность травмирования	1	Получение травмы
Опасность поражения током от наведенного напряжения на рабочем месте	2	Получение травмы
Перемещение по территории, объектам работ	2	Получение травмы
Проведение работ на открытом воздухе в жаркое время года	3	Опасность теплового удара
Все виды деятельности	1	Авария или несчастный случай

В таблице 2 представлена анкета.

Таблица 2 – Анкета

Рабочее место	Опасность	Опасное событие	Степень вероятности, А	Коэффициент, А	Тяжесть последствий, U	Коэффициент, U	Оценка риска, R	Значимость оценки риска
Оператор БПЛА	1	5	3	0,2	3	5	3	Низкий
Диспетчер БПЛА	2	5	3	0,2	3	5	3	Низкий
Инженер по настройке БПЛА	2	5	2	0,2	3	5	3	Низкий

В таблице 3 представлена оценка вероятности.

Таблица 3 – Оценка вероятности

Степень вероятности		Характеристика	Коэффициент, А
1	Весьма маловероятно	Практически исключено; зависит от следования инструкции	1
2	Маловероятно	Сложно представить, однако может произойти	2
3	Возможно	Иногда может произойти, зависит от обучения (квалификации)	3
4	Вероятно	Зависит от случая, высокая степень возможности реализации	4
5	Весьма вероятно	Обязательно произойдет, регулярно наблюдаемое событие [11]	5

В таблице 4 представлена оценка степени тяжести последствий.

Таблица 4 – Оценка степени тяжести последствий

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

Необходимо рассчитать количественную оценку риска.

$$R = A \times U \quad (1)$$

$$R = 3 \times 2 = 5$$

Определить значимость оценки риска.

Оценка риска, R: 2 (низкий).

Идентификация опасностей, которые могут возникнуть при выполнении технологических операций

В таблице 5 приведена оценка профессионального риска на рабочем месте.

Таблица 5 – Оценка профессионального риска на рабочем месте

Код опасности	Наименование идентифицированных опасностей, представляющих угрозу жизни и (или) здоровью работника	Тяжесть ущерба	Вероятность ущерба	Риск	Оценка значимости риска по отдельной опасности
1.1.	Опасность падения из-за потери равновесия, в том числе при спотыкании или проскальзывании	5	3	0,2	Низкий
1.3.	Опасность падения из-за внезапного появления на пути следования большого перепада высот	5	3	0,2	Низкий
1.4.	Опасность удара (головой)	5	3	0,2	Низкий
1.6.	Опасность наткновения на неподвижную колющую поверхность (острие)	10	3	0,4	Низкий
1.7.	Опасность запутаться в растянутых по полу проводах [20]	10	3	0,4	Низкий
1.15.	Опасность падения груза, в том числе предметов со стеллажей (шкафов, полок и т.п.) [12]	10	3	0,4	Низкий
1.16.	Опасность разрезания, отрезания от воздействия острых кромок при контакте с незащищенными участками тела	10	3	0,4	Низкий
1.17.	Опасность пореза частей тела, в том числе кромкой листа бумаги, канцелярским ножом, ножницами, острыми кромками	5	3	0,2	Низкий

Продолжение таблицы 5

Код опасности	Наименование идентифицированных опасностей, представляющих угрозу жизни и (или) здоровью работника	Тяжесть ущерба	Вероятность ущерба	Риск	Оценка значимости риска по отдельной опасности
1.20.	Опасность травмирования, в том числе в результате выброса подвижной обрабатываемой детали	10	3	0,4	Низкий
2.1.	Опасность поражения током вследствие прямого контакта с токоведущими частями из-за касания незащищёнными частями тела деталей, находящихся под напряжением	10	1	0,1	Низкий
2.2.	Опасность поражения током вследствие контакта с токоведущими частями, которые находятся под напряжением из-за неисправного состояния (косвенный контакт)	10	1	0,1	Низкий
2.3.	Опасность поражения электростатическим зарядом	10	1	0,1	Низкий

Выводы к разделу 4

Профессии, рассматриваемые для разработки реестра профессиональных рисков: оператор БПЛА, диспетчер по управлению информацией БПЛА, инженер по настройке БПЛА.

Комплекс организационно-технических мероприятий по охране труда включает разработку инструкций по ОТ согласно специфике в зависимости от объекта, а также освещение в СМИ методов и мер по подготовке.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Антропогенная нагрузка организации, технологического процесса на окружающую среду

Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от пожара

Определение валового суммарного выброса оксидов азота:

$$M_{NOx} = B_P \cdot Q_i^r \cdot K_{NO_2}^T \cdot b_r \cdot 10^{-3} \text{ т/год}, \quad (2)$$

$$M_{NOx} = 1447,5 \cdot 21,77 \cdot 0,159 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 5,01 \text{ т/год};$$

где B_P - расчетный расход топлива, т/год;

$$B_P = B \cdot \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) = 1500 \cdot \left(1 - \frac{3,5}{100}\right) = 1447,5 \text{ т/год}, \quad (3)$$

где q_4 -потери тепла вследствие неполноты сгорания топлива, %;

Q_i^r - низкая теплота сгораний топлива, $\frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$;

$K_{NO_2}^T$ - удельный выброс оксидов азота при сжигании топлива, г/МДж;

$$K_{NO_2}^T = 0,011 \cdot d_T \left(1 + 5,46 \cdot \frac{100-R_6}{100}\right) \cdot \sqrt[4]{Q_i^R \cdot q_r} \text{ г/МДж}; \quad (4)$$

$$K_{NO_2}^T = 0,011 \cdot 1,4 \left(1 + 5,46 \cdot \frac{100-1}{100}\right) \cdot \sqrt[4]{21,77 \cdot 0,309} = 0,159 \text{ г/МДж};$$

где d_T - коэффициент избытка воздуха в топке;

R_6 - характеристика гранулометрического состава топлива, %;

q_r - тепловое напряжение зеркала горения, МВт/кв.м

$$q_r = \frac{Q_t}{F} = \frac{1,975}{6,39} = 0,309 \frac{\text{МВт}}{\text{кв.м}} \quad (5)$$

где q_4 -потери тепла вследствие неполноты сгорания топлива, %;

F - площадь зеркала горения, кв.м;

Q_t - тепловая мощность котла по введенному в топку тепла, МВт

$$Q_t = B_p^{max} * Q_i^r = 0,0907 * 21,77 = 1,975 \text{ МВт}, \quad (6)$$

где B_p^{max} - расчетный расход топлива для максимальной нагрузки, кг/с

$$B_p^{max} = B^{max} * \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) = 0,094 * \left(1 - \frac{3,5}{100}\right) = 0,0907 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (7)$$

где B^{max} -фактический расход топлива при максимальных нагрузке на котел, кг/с;

b_r - безразмерный коэффициент

$$b_r = 1 - 0,075 * \sqrt{r} = 1 - 0,075 * \sqrt{0} = 1 \quad (8)$$

где r - степень рециркуляции дымовых газов, %.

Валовый выброс диоксида азота и оксида азота:

$$M_{No_2} = 0,8 * M_{No_x} = 0,8 * 5,01 = 4,008 \text{ т/год} \quad (9)$$

$$M_{No} = 0,13 * M_{No_x} = 0,13 * 5,01 = 0,651 \text{ т/год} \quad (10)$$

Расчет максимальных разовых выбросов окислов азота:

$$G_{No_x} = B_p^{max} * Q_i^r * K_{No_2}^T * b_r, \text{ г/с} \quad (11)$$

$$G_{No_x} = 0,0907 * 21,77 * 0,159 * 1 = 0,314 \text{ г/с}.$$

Максимально разовый суммарный выброс определяется формуле:

$$G_{No_2} = 0,8 * G_{No_x} = 0,8 * 0,314 = 0,251 \text{ г/с} \quad (12)$$

$$G_{No} = 0,13 * G_{No_x} = 0,13 * 0,314 = 0,0408 \text{ г/с} \quad (13)$$

Расчет выбросов оксида углерода.

Валовый выброс оксида углерода:

$$M_{CO} = B * C_{CO} * \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) * 10^{-3}, \text{ т/год} \quad (14)$$

$$M_{CO} = 1500 * 16,328 \left(1 - \frac{3,5}{100}\right) * 10^{-3} = 23,635 \text{ т/год}$$

где C_{CO} - выход оксида углерода при сжигание топлива, г/кг

$$C_{CO} = q_3 * R_x * Q_i^r = 0,75 * 1 * 21,77 = 16,328 \text{ г/кг} \quad (15)$$

где q_3 - потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %.

Максимально разовый выброс оксида углерода определяется формуле:

$$G_{CO} = B^{max} * C_{COx} \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \quad (16)$$

$$G_{CO} = 0,094 * 16,328 * \left(1 - \frac{3,5}{100}\right) = 1,481 \text{ г/с}$$

В таблице 6 сведены результаты расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Таблица 6 – Результаты расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Наименование загрязняющего вещества	Валовый выброс т/год	Максимально-разовый выброс г/с
Оксид углерода	12,56	1,5
Оксид азота	8,63	2,5
Оксид серы	2,62	1,6
Диоксида азота	15,23	0,9

В таблице 7 приведены данные антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Таблица 7 – Антропогенная нагрузка на окружающую среду

Наименование объекта	Подразделение	Воздействие на атмосферный воздух (выбросы, перечислить виды выбросов)	Воздействие на водные объекты (сбросы, перечислить виды сбросов)	Отходы (перечислить виды отходов)
АО «АКОМ им Н.М. Игнатъева»	Участок зарядки аккумуляторов	Газообразные	Бытовые сточные воды	Производственные, коммунальные
Количество в год		0,25639 т	-	16,256 т

АО «АКОМ им Н.М. Игнатъева», расположенный по адресу г. о. Жигулевск, проезд Отважный, 22 воздействует на окружающую среду при неправильном обращении с коммунальными отходами.

Определим, соответствуют ли технологии наилучшим доступным. Результаты анализа представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Сведения о применяемых на объекте технологиях [8]

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Наименование технологии	Соответствие наилучшей доступной технологии
Номер	Наименование		
1	Лесное хозяйство	Обустройство ПБ	Соответствует

В организованных источниках выбросов загрязняющих веществ в атмосферу необходимо рассмотреть системы очистки, так как существующие работают эффективно [13].

Результаты производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень загрязняющих веществ, включенных в план-график контроля стационарных источников выбросов

Наименование загрязняющего вещества
Ксилол
Толуол
Оксид азота
Оксид серы
Формальдегид

Инструментальный контроль за состоянием природных сред от воздействия на атмосферу осуществляется 1 раз в 5 лет [21].

«Объектами охраны окружающей среды от загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения и иного негативного воздействия хозяйственной и (или) иной деятельности являются компоненты природной среды, природные объекты и природные комплексы. В состав оперативного штаба на месте ЧС по решению РЛЧС могут включаться представители администрации организаций и служб жизнеобеспечения» [17].

В целях соответствия процедурам системы менеджмента предприятием ежегодно проводится производственно-экологический контроль согласно программе.

Инструментальный контроль за состоянием природных сред от воздействия отходов производства, необходимо проводить только в случае технологических отказов по результатам технического мониторинга объекта.

Вся информация о фактах превышения ПДК направлялась в адрес надзорных органов.

Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты контроля стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Структурное подразделение (площадка, цех или другое)		Источник		Наименование загрязняющего вещества	Предельно допустимый выброс или временно согласованный выброс, г/с	Фактический выброс, г/с	Превышение предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса в раз	Дата отбора проб	Общее количество случаев превышения предельно допустимого выброса или временно согласованного выброса	Примечание
Номер	Наименование	Номер	Наименование							
1	Лес	1	БПЛА	Ксилол	0,25639 т	0,25639 т	-	-	-	Контроль осуществляется 1 раз в 5 лет
				Толуол	0,25639 т	0,25639 т	-	-	-	
				Оксид азота	0,25639 т	0,25639 т	-	-	-	
				Оксид серы	0,25639 т	0,25639 т	-	-	-	
				Формальдегид	0,12142	0,148649	-	-	-	
Итого					0,14968	0,14968	-	-	-	-

Результаты производственного контроля в области охраны и использования водных объектов представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты проведения проверок работы очистных сооружений, включая результаты технологического контроля эффективности работы очистных сооружений на всех этапах и стадиях очистки сточных вод и обработки осадков

Тип очистно го сооруж ения	Год ввода в эксплуа тацию	Сведения о стадиях очистки, с указанием сооружений очистки сточных вод, в том числе дренажных, вод, относящихся к каждой стадии	Объем сброса сточных, в том числе дренажных, вод, тыс. м³/сут.; тыс. м³/год			Наименован ие загрязняющ его вещества или микроорган изма	Дата контроля (дата отбора проб)	Содержание загрязняющих веществ, мг/дм³			Эффективност ь очистки сточных вод, %	
			Проек тный	Допустимый, в соответствии с разрешительн ым документом на право пользования водным объектом	Факти ческий			Прое ктно е	Допустимое , в соответстви и с разрешение м на сброс веществ и микроорган измов в водные объекты	Факт ическ ое	Проект ная	Факт ическ ая
Очистные сооружения отсутствуют												

Результаты производственного контроля в области обращения с отходами представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Сведения об образовании, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления за отчетный год 2022 г.

№ стр оки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификацио нному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образова но отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизиро вано отходов, тонн	Обезврежен о отходов, тонн
				Хранение	Накопление				
1	Батареи и аккумуляторы, утратившие потребительск ие свойства	48220000000	4	0	0	0,012	0	0	0,012
2	Ткань фильтровальна я из полимерных волокон	44322911604	4	0	0	0,10	0	0,10	0

Продолжение таблицы 12

№ стр оки	Наименование видов отходов	Код по федеральному классификацио нному каталогу отходов, далее - ФККО	Класс опасности отходов	Наличие отходов на начало года, тонн		Образова но отходов, тонн	Получено отходов от других индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, тонн	Утилизиро вано отходов, тонн	Обезврежен о отходов, тонн
				Хранение	Накопление				
3	Строительный мусор, отходы производства [9]	7 33 390 01 71 4	4	0	0	8,50	0	8,50	0
Передано отходов другим индивидуальным предпринимателям и юридическим лицам, тонн									
Всего	для обработки	для утилизации	для обезвреживания	для хранения	для захоронения				
0,012	-	-	0,012	-	-				
0,50	-	0,12	-	-	-				
4,012	-	-	-	-	8,5				
Размещено отходов на эксплуатируемых объектах, тонн							Наличие отходов на конец года, тонн		
Всего	Хранение на собственных объектах размещения отходов, далее - ОРО			Захоронение на собственных ОРО	Хранение на сторонних ОРО	Захоронение на сторонних ОРО	Хранение	Накопление	
-	-			-	-	-	0	0	

Отходы, образующиеся на исследуемом предприятии, подлежат утилизации на территории предприятия-изготовителя или вывозу на полигоны промышленных отходов и организованному обезвреживанию в специальных, отведенных для этой цели местах.

Определение соответствия наилучшим доступным технологиям

«Сочетанием критериев достижения целей охраны окружающей среды для определения наилучшей доступной технологии являются:

- наименьший уровень негативного воздействия на окружающую среду в расчете на единицу времени или объем производимой продукции, выполняемой работы, оказываемой услуги либо другие предусмотренные международными договорами РФ показатели;
- экономическая эффективность ее внедрения и эксплуатации;
- применение ресурсо- и энергосберегающих методов;
- период ее внедрения;
- промышленное внедрение этой технологии на двух и более объектах, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду» [16].

Подтверждение соответствия:

- автоматическая система мониторинга, в том числе применение БПЛА [29];
- выверка лесных дорог предназначенных для охраны лесов от пожаров [18];
- наличие и состояние посадочных площадок для самолетов и вертолетов, используемых в целях проведения авиационных работ по охране и защите лесов [12].

Результаты производственного контроля

В таблице 13 приведены сведения об организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности.

Таблица 13 – Сведения об организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности

Наименование блока	Наименование отчетов
Сведения об обязательном страховании гражданской ответственности за причинение вреда в результате аварии	Сведения о полисах обязательного страхования гражданской ответственности владельца объекта за причинение вреда в результате аварии
Сведения о работниках, ответственных за организацию и осуществление производственного контроля	Сведения о работниках, ответственных за организацию производственного контроля
	Сведения о работниках, ответственных за осуществление производственного контроля
	Сведения о положении о производственном контроле
Сведения об организации системы промышленной безопасностью	Сведения об организации системы управления промышленной безопасностью
Сведения о выполнении мероприятий по обеспечению промышленной безопасности	Сведения о выполнении плана мероприятий по обеспечению промышленной безопасности за предыдущий год
Результаты проверок, проведенных работником, ответственным за организацию и осуществление контроля	Количество проведенных проверок за отчетный период
	Предложения работника, ответственного за осуществление производственного контроля
	Сведения о состоянии зданий и сооружений, отработавших сроки службы
	Общие сведения о технических устройствах, применяемых на

Выводы к разделу 5

Определена антропогенная нагрузка организации, технологического процесса на окружающую среду, определены соответствия технологии на производстве наилучшим доступным.

Оформлены результаты производственного контроля в области охраны атмосферного воздуха, результаты производственного контроля в области

охраны и использования водных объектов, результаты производственного контроля в области обращения с отходами при лесных пожарах.

Отходы, образующиеся на исследуемом предприятии, подлежат утилизации на территории предприятия-изготовителя или вывозу на полигоны промышленных отходов и организованному обезвреживанию в специальных, отведенных для этой цели местах.

Ранняя диагностика лесного пожара – это ускоренное реагирование на его возникновение. Чем раньше удастся обнаружить пожар, тем быстрее можно добиться ликвидации этого лесного пожара. В настоящее время для диагностики лесных пожаров используют камеры видеонаблюдения, которые устанавливают в целях обеспечения противопожарного режима. Также оптимальным средством мониторинга и диагностики лесных пожаров являются беспилотные летательные аппараты, которые позволяют в рамках оперативного реагирования зафиксировать пожар в лесу.

6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

План реализации мероприятий по обеспечению техносферной безопасности представлен в таблице 14.

Таблица 14 – План реализации мероприятий по техносферной безопасности

Мероприятия	Срок исполнения
Внедрение в работу лесопожарных служб современных средств БПЛА	2023 год
Выверка лесных дорог предназначенных для охраны лесов от пожаров	2023 год
Контроль наличия и состояния посадочных площадок для самолетов и вертолетов, используемых в целях проведения авиационных работ по охране и защите лесов	2023 год
Контроль над расстоянием просек, противопожарных разрывов, противопожарных минерализованных полос	2023 год
Описание схемы устройства минерализованных полос	2023 год
Наличие и расположение пожарных наблюдательных пунктов для определения качества мониторинга противопожарной обстановки	2023 год

Расчет высокой эффективности охраны лесов от пожаров:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{гп}} / \mathcal{Z}_{\text{общ.}} \quad (17)$$

где $\mathcal{E}_{\text{гп}}$ – годовой экономический эффект (годовая прибыль от снижения пожаров в лесах), млн руб.;

$\mathcal{Z}_{\text{общ}}$ – общие затраты, млн руб.

$$\mathcal{E} = \frac{25000}{13200} = 1$$

«Общие затраты составят 6200 (ежегодно – субвенции на охрану лесов от пожаров) + 5000 (единовременно – капитальные вложения БПЛА) + 2000 (ежегодно – капвложения) = 13200 млн руб» [22].

Расчет годового экономического эффекта (годовой прибыли), млн руб:

$$\mathcal{E}_{\text{гп}} = \mathcal{E}_{\text{г}} - K \times E_{\text{н}}, \quad (18)$$

«где $\mathcal{E}_{\text{г}}$ – годовая прибыль (при использовании существующих методов контроля), млн руб.;

K – единовременные затраты (покупка оборудования, модернизация);

$E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности (принимается 0,19)» [22].

$$\mathcal{E}_{\text{гп}} = 21521 - 17795,38 \times 0,19 = 18140,$$

«Для установления объективного размера годового экономического эффекта при анализе статистических данных исключены предельно высокие и низкие показатели. Затем рассчитан средний многолетний показатель ущерба, нанесенного лесными пожарами, который составил 21521,0 млн руб» [22].

«Это означает, что при условии финансирования мер по охране лесов от пожаров в размере не менее 17795,38 млн руб. и комплексного практического использования лучших методов и технологий, а также средств обнаружения и тушения лесных пожаров может быть обеспечена эффективная охрана лесов от пожаров, а именно, ущерб, наносимый лесными пожарами, может быть снижен на 81-100%» [22].

Далее проведем расчет окупаемости:

$$T = K/\mathcal{E}_{\text{г}}, \quad (19)$$

$$T = \frac{17795,38}{21521} = 0,827$$

Таким образом, срок окупаемости 10 месяцев.

Предлагается ко внедрению БПЛА для мониторинга объектов.

«Беспилотный летательный аппарат для мониторинга протяженных объектов включает планер, силовую установку, систему автоматического и дистанционного управления полетом летательного аппарата и работой его систем, бортовую систему диагностики состояния протяженных объектов» [2].

В устройство представленного БПЛА входит стабилизированная платформа, которая предназначена для размещения датчиков (фото, видео), тепловизоров и газоанализаторов.

«Силовая установка, содержащая двигатель и толкающий винт, размещена в задней части беспилотного летательного аппарата, а универсальная гиростабилизированная платформа с датчиками - в передней части планера. Использование полезной модели позволяет повысить эффективность мониторинга протяженных объектов за счет расширения функциональных возможностей БПЛА» [2].

Вывод к разделу 6

Особенность применения технического решения – повышение эффективности мониторинга объектов за счет расширения возможностей.

«Технический результат достигается за счет расширения функциональных возможностей:

- возможно использование нескольких типов сменных фюзеляжей, предназначенных для разных целевых нагрузок;
- универсальная гиростабилизированная платформа позволяет одновременно разместить на ней несколько типов датчиков, предназначенных для мониторинга протяженного объекта» [2].

«В предложенном подходе расчета годовой экономии при практическом использовании лучших отечественных методов и технологий, а также средств обнаружения и тушения лесных пожаров, базирующемся на величине годового ущерба, нанесенного лесными пожарами, включая затраты на их тушение» [22]. Таким образом, срок окупаемости 10 месяцев.

Заключение

Причинами возникновения пожаров в лесах являются:

- неосторожное обращение с огнем;
- поджог;
- несоблюдение правил поведения в лесах (непотушенный огонь, костер в лесу, непотушенные выброшенные сигареты, выжигание сухой травы или порубочных остатков;
- разряды статического электричества и грозовые разряды;
- самовозгорание (касается торфяников).

При анализе результатов мониторинга управления пожарами на открытой местности проведено:

- внедрение в работу лесопожарных служб средств БПЛА;
- выверка лесных дорог предназначенных для охраны лесов от пожаров;
- наличие и состояние посадочных площадок для самолетов и вертолетов, используемых в целях проведения авиационных работ по охране и защите лесов;
- определение качества мониторинга противопожарной обстановки.

Рассмотрен беспилотный летательный аппарат для мониторинга протяженных объектов. Запуск производится по маршруту заданной траектории, а также по координатам посадки БПЛА. В результате полета БПЛА, по каналу телеметрического узла происходит передача данных с датчиков бортовой системы и объекта (то есть в нашем случае лесного массива). Диспетчер полета (специалист пуска БПЛА) может контролировать траекторию, изменять его направление или маршрут в процессе работы. Далее, производится получение и обработка данных, полученных с БПЛА (фиксация координат лесного пожара, характер и стадия пожара по спутниковой связи и

принимающей антенне). Более подробные данные можно получить при посадке БПЛА [6].

Отличительные особенности выбранного технического устройства БПЛА от подобных средств мониторинга:

- автоматическое управление;
- применение нескольких видов фюзеляжей (для различных целевых нагрузок);
- возможность эксплуатации в условиях недостаточной видимости;
- возможность сохранения целостности при падении [22];
- применение нескольких датчиков фиксации на стабилизированной платформе [5].

Ранняя диагностика лесного пожара – это ускоренное реагирование на его возникновение. Чем раньше удастся обнаружить пожар, тем быстрее можно добиться ликвидации этого лесного пожара. В настоящее время для диагностики лесных пожаров используют камеры видеонаблюдения, которые устанавливают в целях обеспечения противопожарного режима. Также оптимальным средством мониторинга и диагностики лесных пожаров являются беспилотные летательные аппараты. Определена антропогенная нагрузка организации, технологического процесса на окружающую среду, определены соответствия технологии на производстве наилучшим доступным.

Список используемых источников

1. Беспилотные летательные аппараты - разведка пожаров [Электронный ресурс]. URL: <https://pojarunet.ru/bespilotnye-letatelnye-apparaty-razvedka-pozharov> (дата обращения: 10.03.2023).
2. Беспилотный летательный аппарат для мониторинга протяженных объектов [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU137016U1_20140127 (дата обращения: 10.03.2023).
3. Беспилотный летательный аппарат для тушения лесных пожаров [Электронный ресурс]. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2696511C1_20190802 (дата обращения: 10.03.2023).
4. Дроны (квадрокоптеры): применение на пожарах [Электронный ресурс]. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/drony-kvadrokoptyery-primenenie-na-pozharah/> (дата обращения: 10.03.2023).
5. Информационная система мониторинга чрезвычайных ситуаций, вызванных пожарами [Электронный ресурс] : / Е. С. Бабаев, С. В. Степанов, Р. В. Печерица. Молодой ученый. 2023. № 4 (451). С. 18-20. URL: <https://moluch.ru/archive/451/99353/> (дата обращения: 12.03.2023).
6. История беспилотных летательных аппаратов пожарами [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fern-flower.org/ru/articles/istoriya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov> (дата обращения: 12.03.2023).
7. Лесной Кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 04.12.2006 № 200 (ред. 13.06.2023). URL: <https://rulaws.ru/Lesnoy-kodeks/Glava-3/Statya-53.2/>
8. Лесное хозяйство [Электронный ресурс]. URL: <https://alb.aero/about/articles/monitoring-lesnykh-pozharov-s-bpla/> (дата обращения: 10.03.2023).

9. Лесные зоны Забайкальского края и перспективы их освоения [Электронный ресурс]. URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=1038> (дата обращения: 10.03.2023).

10. Мониторинг лесных пожаров с БПЛА [Электронный ресурс]. URL: <https://alb.aero/about/articles/monitoring-lesnykh-pozharov-s-bpla/> (дата обращения: 10.03.2023).

11. Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий к СНиП 21-01-97* [Электронный ресурс] : МДС 21-3.2001. URL: http://pozhpriekt.ru/nsis/Rd/Mds/21-3_2001.htm (дата обращения: 10.03.2023).

12. Методические рекомендации по применению сил и средств для тушения лесных пожаров (УТВ. МЧС РОССИИ 16.07.2014 N 2-4-87-9-18) [Электронный ресурс]. URL: <https://rulaws.ru/acts/Metodicheskie-rekomendatsii-po-primeneniyu-sil-i-sredstv-dlya-tusheniya-lesnykh-pozharov/> (дата обращения: 10.03.2023).

13. Мониторинг и охрана лесов с применением беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]. URL: <https://russiadrone.ru/publications/monitoring-i-okhrana-lesov-s-primeneniem-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov/> (дата обращения: 15.10.2022).

14. О лесопожарной обстановке в России на 00:00 мск 03.05.2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://aviales.ru/popup.aspx?news=7931> (дата обращения: 15.10.2022).

15. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 69 (ред. 11.06.2021). URL: <https://docs.cntd.ru/document/9028718> (дата обращения: 15.10.2022).

16. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7 (ред. 14.07.2022). URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-10.01.2002-N-7-FZ/> (дата обращения: 15.10.2022).

17. Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 года №2047. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573053313/> (дата обращения: 20.02.2023).

18. Противопожарные минерализованные полосы [Электронный ресурс]. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/protivopozharnyie-mineralizovannyye-polosyi/> (дата обращения: 20.02.2023).

19. Об утверждении правил тушения лесных пожаров (Зарегистрировано В Минюсте России 12.08.2022 N 69620) безопасности [Электронный ресурс] : Приказ Минприроды России от 01.04.2022 № 244. URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minprirody-Rossii-ot-01.04.2022-N-244/> (дата обращения: 15.10.2022).

20. Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н. URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Mintruda-Rossii-ot-29.10.2021-N-776n/> (дата обращения: 16.04.2023).

21. Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков [Электронный ресурс] : Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523> (дата обращения: 16.04.2023).

22. Оценка состояния средств тушения лесных пожаров и экономической эффективности их применения [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sostoyaniya-sredstv-tusheniya-lesnyh-pozharov-i-ekonomicheskoy-effektivnosti-ih-primeneniya> (дата обращения: 20.05.2022).

23. Об утверждении формы отчета об организации и о результатах осуществления производственного экологического контроля [Электронный ресурс] : Приказ Минприроды России от 14.06.2018 № 261 (ред. от 23.06.2020).

URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minprirody-Rossii-ot-14.06.2018-N-261/> (дата обращения: 16.04.2023).

24. Параметры пожаротушения [Электронный ресурс]. URL: <https://goo.su/rbzWn12> (дата обращения: 20.05.2022).

25. Применение беспилотных летательных аппаратов при проведении разведки лесных пожаров [Электронный ресурс]. URL: http://airtechnology.su/stati/article_post/primeneniye-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov-pri-provedenii-razvedki-lesnykh-pozharov (дата обращения: 16.04.2023).

26. Применение беспилотных летательных аппаратов при тушении лесных пожаров [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018013325> (дата обращения: 16.04.2023).

27. Природные пожары [Электронный ресурс]. URL: <https://45.mchs.gov.ru/deyatelnost/poleznaya-informaciya/rekomendacii-naseleniyu/chs-prirodnogo-haraktera/prirodnye-pozhary> (дата обращения: 16.04.2023).

28. Статистика лесных пожаров [Электронный ресурс]. URL: <https://vawilon.ru/statistika-lesnyh-pozharov/> (дата обращения: 16.04.2023).

29. Таранцев А.А., Чикитов Ю.И. Модель применения беспилотных летательных аппаратов в целях тушения крупных лесных пожаров в зоне применения наземных сил и средств // Проблемы региональной экологии. 2007. № 1. С. 21–27.

30. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 22.07.2008 № 123 (ред. от 14.07.2022). URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-22.07.2008-N-123-FZ/> (дата обращения: 16.04.2023).

31. Fire alarm system design with Safety Systems Designer. – URL: <https://www.boschsecurity.com/xc/en/solutions/fire-alarm-systems/fire-alarm-system-design/> (дата обращения: 20.01.2022).

32. Fire Protection Technology. – URL: <https://www.usfa.fema.gov/prevention/technology/> (дата обращения: 20.01.2022).
33. Fire technology news & articles. – URL: <https://www.firerescue1.com/fire-products/technology/articles/> (дата обращения: 20.01.2022).
34. Information inversion and dynamic analysis of video-driven fire detection based on object-oriented segmentation Cheng Y., Bai H., Li Z., Zhang Y., Chen L., Chen K. 1599-1616.
35. ISO 25523-1:2020. Information about fire and objects. – Fires at chemical plants – Part 1: Thesauri for information retrieval. – URL: <https://www.iso.org/standard/53657.html> (дата обращения: 20.01.2022).
36. Public Fire Information Websites. – URL: <https://www.fs.usda.gov/science-technology/fire/information> (дата обращения: 20.01.2022).