

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

Е.Г. Воронянский

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.б.н., доцент, Н.Ю. Мичурина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

## Аннотация

Темой настоящей ВКР является: «Система использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров».

Беспилотные летательные аппараты используют для различных сфер деятельности, в том числе для прогнозирования и тушения лесных пожаров. Такие технические устройства показали на практике небывалую эффективность, поскольку помогают определить местоположение очага пожара на начальной стадии. Получение точных данных в режиме реального времени – явное преимущество летательных аппаратов, дронов.

Цель работы: совершенствовать систему использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.

В связи с поставленной целью необходимо рассмотреть ряд задач:

- описание характеристик беспилотных летательных аппаратов, используемых для тушения пожаров;
- выявление основополагающих критериев беспилотных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров;
- разработка системы использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.

ВКР состоит из введения, 6 разделов, заключения, содержит 6 рисунков, 7 таблиц, список используемых источников (31 источник). Основной текст работы изложен на 54 страницах.

## Содержание

Введение .....	4
Термины и определения.....	5
Перечень сокращений и обозначений.....	6
1 Использование беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.....	8
1.1 Анализ инцидентов.....	10
1.2 Анализ результатов производственного контроля.....	11
2 Разработка системы использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.....	17
2.1 Анализ системы использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.....	19
3 Технология разработки системы использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.....	22
4 Охрана труда.....	25
4.1 Разработка процедуры прохождения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров.....	25
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность .....	32
5.1 Идентификация экологических аспектов организации.....	32
5.2 Выявление антропогенного воздействия на окружающую среду .....	35
5.3 Разработка процедуры получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу.....	37
6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.....	42
Заключение.....	52
Список используемой литературы и используемых источников.....	53

## Термины и определения

«Дроны, также известные как беспилотные летательные аппараты/транспортные средства или дистанционно пилотируемые летательные аппараты – используются для наблюдения и тушения лесных пожаров» [2].

«Лесной пожар – неконтролируемое горение растительности и стихийное распространение огня по площади леса» [6].

«Организация тушения пожаров – совокупность оперативно-тактических и инженерно-технических мероприятий (за исключением мероприятий по обеспечению первичных мер пожарной безопасности), направленных на спасение людей и имущества от опасных факторов пожара, ликвидацию пожаров и проведение аварийно-спасательных работ» [11].

«Особый противопожарный режим – дополнительные требования пожарной безопасности, устанавливаемые органами государственной власти или органами местного самоуправления в случае повышения пожарной опасности на соответствующих территориях» [11].

«Противопожарный режим – совокупность установленных нормативными правовыми актами РФ требований ПБ, определяющих правила поведения людей, порядок организации производства и (или) содержания территорий» [11].

«Тушение пожаров представляет собой действия, направленные на спасение людей, имущества и ликвидацию пожаров» [14].

«Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей» [10].

## Перечень обозначений и сокращений

АСР – аварийно-спасательные работы

АУПТ – автоматическая установка пожаротушения

ГДЗС – газодымозащитная служба

ГПС – генератор пены средней кратности

ГСМ – горюче-смазочный материал

БПЛА – беспилотный летательный аппарат

ЛА – летательный аппарат

ОФПС – отряд федеральной противопожарной службы

ОТ – охрана труда

ПБ – пожарная безопасность

ПВ – пожарный водоем

ПГ – пожарный гидрант

ПК – пожарный кран

ПСЧ – пожарно-спасательная часть

ПТП – план тушения пожара

СМИ – средства массовой информации

ТП – тушение пожаров

УБПЛА – ударные беспилотные летательные аппараты

ЧС – чрезвычайная ситуация

## Введение

За последние годы не только в России, но и во всем мире особое внимание уделяется обеспечению безопасности во всех сферах человеческой жизни вследствие увеличения различных природных и техногенных ЧС.

В течение нескольких лет на территории нашей страны заметно увеличилось количество природных ЧС. Большинство из них – это лесные пожары, которые ежегодно наносят огромный ущерб людям и окружающей среде. Ежегодно в период особого противопожарного режима по СМИ мелькает информация о лесных пожарах на больших площадях в разных районах и субъектах РФ. Такие пожары характеризуются большим охватом площадей выгорания, большим количеством выбросов в атмосферу, долгим временем тушения (от нескольких часов до нескольких месяцев). Таким образом, возникает необходимость выявления и внедрения новых организационных и технических мер по борьбе с лесными пожарами.

Темой настоящей ВКР является: «Система использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров».

Беспилотные летательные аппараты используют для различных сфер деятельности, в том числе для прогнозирования и тушения лесных пожаров. Такие технические устройства показали на практике небывалую эффективность, поскольку помогают определить местоположение очага пожара на начальной стадии. Получение точных данных в режиме реального времени – явное преимущество летательных аппаратов, дронов.

Ведь очевидно, что пожар легче предотвратить, чем бороться с его последствиями, причем часто они могут быть невосполнимыми. Также среди положительных черт применения летательных аппаратов является то, что с постоянным развитием науки и техники, появляются более маневренные и эффективные технические устройства.

Актуальность представленной темы подтверждается следующими фактическими данными:

- лесные пожары – вид природных ЧС, который в РФ происходит чаще остальных, следовательно необходимы новые методы в борьбе с ними;
- беспилотные летательные аппараты – незаменимый современный вид техники, используемый для прогнозирования и непосредственно тушения лесных пожаров;
- популярный метод в обеспечении пожарной безопасности лесов и природоохранных территорий, опережающий средства авиации в маневренности, скорости использования и стоимости обслуживания.

Объектом представленной ВКР является система использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.

Предметом является беспилотные летательные аппараты для ранней диагностики лесных пожаров.

Цель работы: совершенствовать систему использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.

В связи с поставленной целью необходимо рассмотреть ряд задач:

- описание характеристик беспилотных летательных аппаратов, используемых для тушения пожаров;
- выявление основополагающих критериев беспилотных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров;
- разработка системы использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.

## **1 Использование беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров**

Беспилотные летательные аппараты используют с 1935 года для различных сфер деятельности, в том числе для прогнозирования и тушения лесных пожаров. Массовое производство уже осуществилось всего лишь 7 лет назад, в 2015 году, когда появилась актуальность в фиксации – видео или фотосъемке в различных сферах [5].

БПЛА получили также название «дрон», поскольку схожий звук они издавали при перемещении. Такие технические устройства показали на практике небывалую эффективность, поскольку помогают определить местоположение очага пожара на начальной стадии. Получение точных данных в режиме реального времени – явное преимущество летательных аппаратов, дронов.

Ведь очевидно, что пожар легче предотвратить, чем бороться с его последствиями, причем часто они могут быть невосполнимыми. Также среди положительных черт применения летательных аппаратов является то, что с постоянным развитием науки и техники, появляются более маневренные и эффективные технические устройства. Кроме того, дроны также используют для организации пожарных ограждений, а также для доставки воды к месту пожара.

«С точки зрения маневренности они превосходят вертолеты и другие виды пилотируемых летательных аппаратов. Они помогают пожарным определить, где будет распространяться огонь, отслеживая и картируя схемы возгорания. Это позволяет ученым и аварийному персоналу принимать обоснованные решения. Эти устройства могут летать тогда и там, где пилотируемые летательные аппараты не могут летать. Они связаны с низкой стоимостью и представляют собой гибкие устройства, обеспечивающие высокое пространственно-временное разрешение» [2].

Достоинством рассматриваемых технических устройств является то, что данные, получаемые для реализации, обладают наибольшей точностью, уникальностью благодаря маневренности и длительному периоду работы.

«Он предоставляет пожарным доступ к данным в режиме реального времени, не подвергая риску жизни пилотов. Управление парком беспилотников, работающим 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, над огромными лесными массивами – непростая задача. Общественные дроны представляют опасность для лесных пожаров и могут стоить жизни. Агентства пожарной безопасности вынуждены приземлять свои самолеты, чтобы избежать возможного столкновения в воздухе. Политика в США, Канаде и Австралии препятствовать использованию общественных дронов вблизи лесных пожаров» [2].

Достоинства применения БПЛА:

- своевременное прогнозирование лесопожарной обстановки;
- раннее обнаружение возникшего пожара на начальной стадии;
- большой охват территории в режиме реального времени;
- полный охват – воздушное обследование территорий, где проезд затруднен или вообще невозможен;
- получение точных данных геопозиции;
- возможность ликвидации пожаров без прямого участия пожарных (дистанционно);
- определение последствий ЧС природного характера;
- возможность проводить наблюдение за островными территориями с различными лесистыми участками местности;
- ускоренное реагирование на пожарную опасность лесов, охраняемых территорий;
- мониторинг обстановки с учетом минимальных материальных потерь и исключение гибели личного состава подразделений пожарной охраны [13].

## 1.1 Анализ инцидентов

Лесные пожары не только в России, но и во всем мире представляют особую опасность и угрозу для настоящего и будущего человечества. Со временем в условиях развития науки и техники, человек все равно не может справиться с бушующей стихией. Стратегическая цель общества – держать ситуацию под контролем и быть в готовности для борьбы с природными пожарами [4].

«С июня 2021 года таёжные леса в Сибири и на Дальнем Востоке охватили лесные пожары, последовавшие за рекордной жарой 2021 года и засухой. К 16 августа 2021 года выгорело более 17 млн гектаров. По некоторым источникам, это больше, чем все другие пожары в мире вместе взятые, как минимум со времён появления первых спутниковых наблюдений за Землёй (с конца XX века). Однако, в лесных пожарах в Австралии годом ранее сгорело около 18 млн гектаров. Впервые в истории человечества (как минимум с появления спутникового наблюдения) дым от лесных пожаров в России 2021 года достиг Северного полюса» [7].

Самыми пожароопасными регионами в России принято считать:

- Забайкальский край (на данный момент организована работа по борьбе с 20 лесными пожарами на площади 9 000 Га в условиях введенного режима ЧС);
- Амурская область (2022 год – 11 пожаров на площади 7,3 000 Га, в том числе на территории природоохранной территории заповедника);
- Республика Бурятия (2018 год: пожар на площади свыше 2 000 Га – гибель 2-х человек, причина – неосторожность при курении в том числе);
- Красноярский край (80 природных пожаров на площади 1919 Га, причина – несанкционированный пал травы в полях);
- Саратовская область (35 лесных пожаров, причина – работа фермеров в полях, откуда огонь и переходит на лесной фонд);

- Республика Тува (2022 год – 20 лесных пожаров на площади 100 Га по причине неосторожного обращения с огнем);
- Воронежская область (2021 год – 1300 лесных пожаров на площади 198 Га);
- Иркутская область (май 2018 года – 11 лесных пожаров на площади 241 Га) [4].

«Совокупность лесных пожаров принимается за динамическую популяцию, поведение которой изменяется во времени регистрации лесных пожаров на одной и той же территории. Время регистрации лесных пожаров измеряется физической единицей (в сутках) как цикл вращения Земли вокруг своей оси. Результаты измерений времени регистрации лесных пожаров принимаются как влияющая переменная для всех первичных (измеренных) и производных из первичных (расчетных) показателей лесных пожаров. При этом время обнаружения и окончания тушения, а также разность между ними как период лесного пожара из обычной системы исчисления времени (часы, минуты и секунды) преобразуются в десятичную систему счисления (в часах и десятичных долях часа)» [8].

На рисунке 1 приведена карта оперативного мониторинга лесных пожаров в России на 19.08.2022 год.

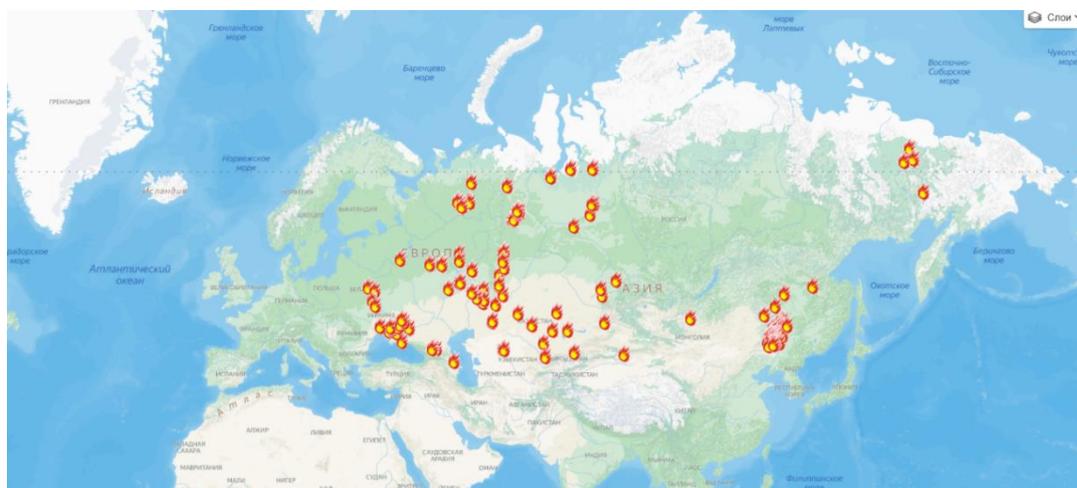


Рисунок 1 – Карта оперативного мониторинга лесных пожаров

На рисунке 1 наглядно представлены субъекты РФ, где чаще всего происходят лесные пожары.

«Новизна метода анализа заключается в том, что впервые выполнено преобразование пассивной статистической выборки из книги учета лесных пожаров в динамическую систему поведения локальной лесной точки на земной поверхности в зависимости от времени регистрации лесных пожаров, определяемых по датам и времени регистрации. В итоге материальный объект в виде Земли (суточные циклы) воздействует на популяцию лесных пожаров, то есть на лесной ландшафт на конкретной территории» [8].

«На Земле ежегодно повреждаются огнем более 340 млн Га природных территорий (включая леса). Наибольшие площади ежегодно сгорающих лесов в Австралии и странах Африки [8]. По общей площади лесов, уничтожаемых пожарами, Россия занимает 8 место среди стран мира [8]. Согласно официальным данным космического мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) в 2018 году на территории РФ сгорело 15 402 746 Га земель различных категорий (в том числе 9 991 968 Га леса), в 2019 году сгорело 16 510 417 Га земель (в том числе 10 029 569 Га леса)» [6].

«По данным Книги учета лесных пожаров дополнительно были определены следующие показатели для моделирования:

- время с начала регистрации (сутки), при этом для первой регистрация пожара 01.08.1982 время с начала регистрации равно нулю;
- годы текущего времени (лет);
- время по пожароопасному сезону (сутки);
- промежуток между пожарами по времени обнаружения (сутки)» [8].

На рисунке 2 приведены данные статистики о лесных пожарах по годам в мире.

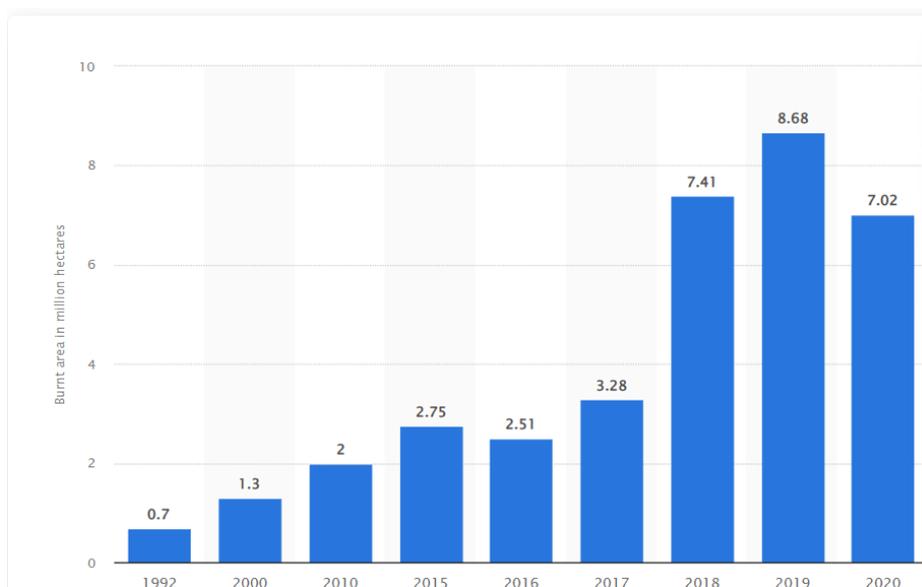


Рисунок 2 – Данные статистики о лесных пожарах по годам в мире

Из рисунка видно, что с 1992-2020 года количество лесных пожаров резко увеличилось.

Степень горимости лесов в России оценивается, как средняя по чрезвычайности. Связано это, прежде всего, с особенностью территории и земель, занимаемых лесами, а также плотностью населения. Также учеными отмечен тот факт, что увеличение лесных пожаров связано с изменением климата [22].

«При сравнительном анализе в качестве сведений по лесным пожарам в России использовали официальные данные региональных лесопожарных служб. Однако по этим данным площадь пожаров значительно ниже, чем по данным дистанционного зондирования Земли, которые не являются официальными. Тем не менее анализ данных различий выходит за рамки настоящей публикации и не влияет существенно на полученные выводы. Для сравнительной оценки лесопожарной ситуации в разных странах наиболее предпочтительны показатели горимости лесов и частоты пожаров. Значения показателей горимости лесов Российской Федерации, США и Канады вполне

сопоставимы, несмотря на то что частота возникающих лесных пожаров в России существенно ниже» [1].

Анализ инцидентов показал, что:

- львиную долю среди происходящих пожаров в России основной ущерб наносят лесные пожары из-за большой охватываемой площади;
- предотвращение лесных пожаров – задача стратегического направления деятельности национальной безопасности страны;
- использование беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров – первый шаг к минимизации ущерба от пожаров и повышения экологической устойчивости.

Таким образом, на смену существующим методам приходят новые пути решения проблемы тушения лесных пожаров, которые и будут далее рассмотрены.

## **1.2 Анализ результатов производственного контроля. Перечень выявленных проблем, рисков для безопасной деятельности**

Лесные пожары являются следствием неконтролируемого горения сухой травянистой растительности на обособленных территориях, характеризующееся сильным распространением по площади и уничтожением всей биосферной массы, обитателей флоры и фауны. Основная причина лесных пожаров связана с деятельностью человека, прежде всего, это:

- неосторожное обращение с огнем (курение, сжигание растительных остатков лесных угодий, несанкционированный пал травы);
- поджог;
- реже молнии, разряды статического электричества [18].

«При беглом низовом пожаре сгорает верхняя часть напочвенного покрова, подрост и подлесок. Такой пожар распространяется со скоростью от 7 до 70 км/ч, обходя места с повышенной влажностью, поэтому часть площади остается незатронутой огнём. Беглые пожары в основном происходят весной,

когда просыхает лишь самый верхний слой мелких горючих материалов. Устойчивые низовые пожары распространяются со скоростью до 8 км/ч, при этом полностью выгорает живой и мёртвый напочвенный покров, сильно обгорают корни и кора деревьев, полностью сгорают подрост и подлесок. Устойчивые пожары возникают преимущественно с середины лета» [6].

На рисунке 3 представлены данные статистики о причинах пожаров в России 2019-2021 годов.

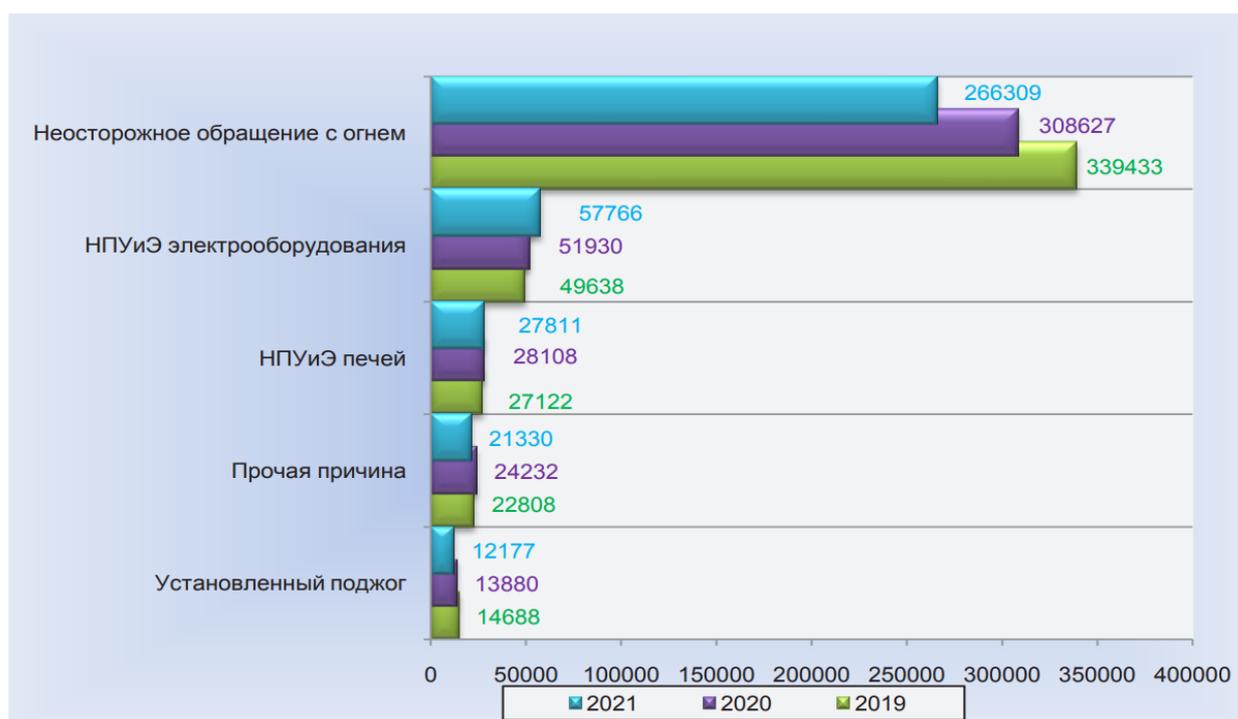


Рисунок 3 - Данные статистики о причинах пожаров в России 2019-2021 годов

«Таким образом, существует острая необходимость работы противопожарных служб, контроля над соблюдением пожарной техники безопасности. Размеры пожаров делают возможным их визуальное наблюдение даже из космоса» [6].

Вывод к разделу 1

Описаны данные использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров, описан анализ инцидентов, чаще

всего происходящих на определенных территориях. Также приведен анализ результатов производственного контроля и выявлен перечень проблем, рисков для безопасной деятельности.

БПЛА получили также название «дрон», поскольку схожий звук они издавали при перемещении [17]. Такие технические устройства показали на практике небывалую эффективность, поскольку помогают определить местоположение очага пожара на начальной стадии. Получение точных данных в режиме реального времени – явное преимущество летательных аппаратов, дронов. Достоинством рассматриваемых технических устройств является то, что данные, получаемые для реализации, обладают наибольшей точностью, уникальностью благодаря маневренности и длительному периоду работы.

Приведены данные статистики о причинах пожаров в России 2019-2021 годов.

## 2 Разработка системы использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров

В данном разделе рассмотрена система обнаружения, предупреждения и тушения лесного пожара, ликвидации ЧС при помощи БЛА. Система состоит из модуля управления тушением пожара, летательного аппарата разведчика, по меньшей мере один ЛА носителя и множества ударных беспилотных летательных аппаратов.

На рисунке 4 приведена система использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.

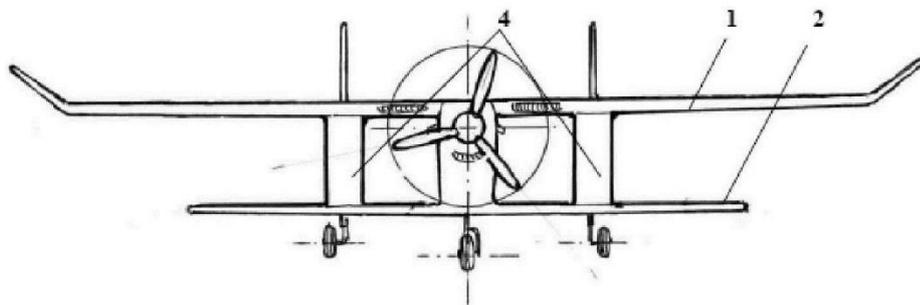


Рисунок 4 – Системы использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров

Рассматриваемое техническое средство применимо в лесной зоне, природоохранных территориях большой площади, а также различных дендрариях и других объектах природных ландшафтов в различных климатических условиях нашей страны. Прежде всего, это районы с повышенной пожарной опасностью, где наблюдается повышенный риск возникновения природных пожаров. Также техническое устройство БПЛА применимо для населенных пунктов РФ, центров промышленности, где наблюдается высокий риск пожарной опасности лесов и сопредельных территорий [17].

«Модуль управления тушением пожара выполнен с возможностью двустороннего непрерывного взаимодействия с ЛА разведчиком и ЛА носителем, формирования и корректировки алгоритма тушения пожара в зависимости от постоянно поступающей информации от ЛА разведчика и ЛА носителей, передачи ЛА носителям алгоритма тушения пожара и конфигурации расположения ЛА носителей и роя УБПЛА при тушении пожара» [20].

Летательный аппарат предполагает в своем устройстве модуль управления тушением пожара, мобильную базу обслуживания, ударные беспилотные летательные аппараты летательные аппараты, не менее одного ЛА носителя.

В устройстве разведчика летательного аппарата предусмотрен модуль управления для постоянного взаимодействия. Таким образом, постоянное взаимодействие с модулем управления позволяет получать достоверную и своевременную информацию об обнаружении очага пожара, его типе, географическом местоположении с повышенной детализацией, а также информации о метеорологических явлениях и погодных данных.

Также носитель летательного аппарата выполнен с возможностью доставки и сброса средств тушения к месту очага возгорания ландшафтного пожара.

Преимуществом технического устройство представленного средства является достижение обнаружения очага пожара на ранней стадии его развития.

Кроме того, имеется возможность детализировать некоторые технические параметры, как:

- тип пожара (верховой, низовой);
- вычисление его координат;
- параметры пожара (направление распространения, сила ветра) [23].

«Таким образом можно проводить обработку полученной информации, моделировать развитие пожара, формировать алгоритм тушения пожара,

траектории движения ЛА, корректировать алгоритм тушения пожара в зависимости от постоянно поступающей информации о пожаре, передавать ЛА алгоритм тушения пожара, траекторию движения ЛА и конфигурацию расположения роя УБПЛА, получать информацию о ходе тушения пожара и новых очагах возгорания, изменять на ее основе параметры роя УБПЛА, контролировать и управлять воздушным пространством, контролировать процесс тушения пожара, управлять ЛА и БПЛА до полного устранения очага возгорания» [20].

## **2.1 Анализ системы использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров**

Анализ системы БПЛА показал, что в реализации рассматриваемого технического устройства могут использоваться любые виды программного обеспечения, такие как обыкновенный персональный компьютер, средства связи и станции приборов.

«Модуль управления тушением пожара обеспечивает взаимодействие со всеми ЛА и БПЛА, а также имеет возможность корректировать алгоритмы построения пространственного расположения роя УБПЛА в режиме реального времени с учетом постоянно поступающей обновленной информации о ходе распространения и тушения очага возгорания от ЛА разведчика. ЛА разведчик может быть заменен на БПЛА разведчик, и специалисту данной области техники будет понятно, что данная замена зависит от многих факторов, например, от степени распространения пожара, а также от его сложности. Например, чем сложнее ситуация с очагом возгорания и обширнее площадь возгорания, тем удобнее использование ЛА разведчика» [20].

Анализ возможностей применения:

- построение аэродинамического расчета;
- возможность скорректировать алгоритмы в режиме реального времени;

- обработка информации с помощью искусственного интеллекта;
- в сравнении с аналогами-прототипами высокая эффективность и точность полета во избежание столкновения с другими БПЛА.

«Достоинства применения и достигаемый результат:

- обнаружение очага возгорания,
- определение типа очага возгорания и типа пожара, координат очага возгорания, параметров очага возгорания, направления и скорости перемещения огня, силы и направления ветра,
- обработку полученной информации,
- моделирование развития пожара,
- формирование алгоритма тушения пожара, траектории движения ЛА носителей, корректировку алгоритма тушения пожара в зависимости от постоянно поступающей информации о пожаре,
- передачу ЛА носителям алгоритма тушения пожара, траектории движения ЛА носителей и конфигурации расположения роя УБПЛА,
- получение информации о ходе тушения пожара и новых очагах возгорания,
- изменение параметров роя УБПЛА на основе получаемой информации,
- контроль и управление воздушным пространством, контроль процесса тушения пожара, управление ЛА разведчиком, ЛА носителями и УБПЛА до полного устранения очага возгорания» [20].

Вывод к разделу 2

Рассмотрена система обнаружения, предупреждения и тушения лесного пожара, ликвидации ЧС при помощи БЛА. Система состоит из модуля управления тушением пожара, летательного аппарата разведчика, по меньшей мере один ЛА носителя и множества ударных беспилотных летательных аппаратов.

Рассматриваемое техническое средство применимо в лесной зоне, природоохранных территориях большой площади, а также различных дендрариях и других объектах природных ландшафтов в различных климатических условиях нашей страны. Прежде всего, это районы с повышенной пожарной опасностью, где наблюдается повышенный риск возникновения природных пожаров. Также техническое устройство БПЛА применимо для населенных пунктов РФ, центров промышленности, где наблюдается высокий риск пожарной опасности лесов и сопредельных территорий.

Преимуществом технического устройства представленного средства является достижение обнаружения очага пожара на ранней стадии его развития [24].

Кроме того, имеется возможность детализировать некоторые технические параметры, как:

- тип пожара (верховой, низовой);
- вычисление его координат;
- параметры пожара (направление распространения, сила ветра) [24].

### **3 Технология (программа) разработки системы использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров**

Изобретение относится к летательным аппаратам, в частности к беспилотным летательным аппаратам. Техническим результатом является повышение эффективности управления БПЛА.

«Для этого предложен способ применения беспилотных летательных аппаратов, основанный на их адаптации режимов полета, в котором берется "n" БПЛА, где  $n > 3$ , образующих в полете так называемую "этажерку", первый БПЛА является ведущим, второй и третий ведомыми, причем ведущий БПЛА занимает нижний высотный эшелон, второй БПЛА - промежуточный, третий - верхний, расстояние ведущего БПЛА от земной поверхности определяется безопасностью полета и безусловного выполнения поставленной задачи, например, для контроля газо и нефтепроводов, эта высота равна приблизительно 50 м, второй БПЛА выше ведущего еще на 50 м, третий БПЛА выше второго еще на 50 м, при этом второй БПЛА является ретранслятором данных по радиоканалу от первого БПЛА третьему БПЛА, который также по радиоканалу связан с наземной базовой станцией управления, передавая полученные данные наблюдения ведомого БПЛА и получая команды управления полетом или изменения программы полета, при высоте полета третьего БПЛА  $\approx 150$  м и при принятой длине газонефтепровода между насосными станциями, равной 300 км, верхний третий БПЛА находится в пределах прямой видимости с наземной базовой станцией, что позволяет поддерживать с ним устойчивую связь» [21].

На рисунке приведены структурная схема способа управления БПЛА.

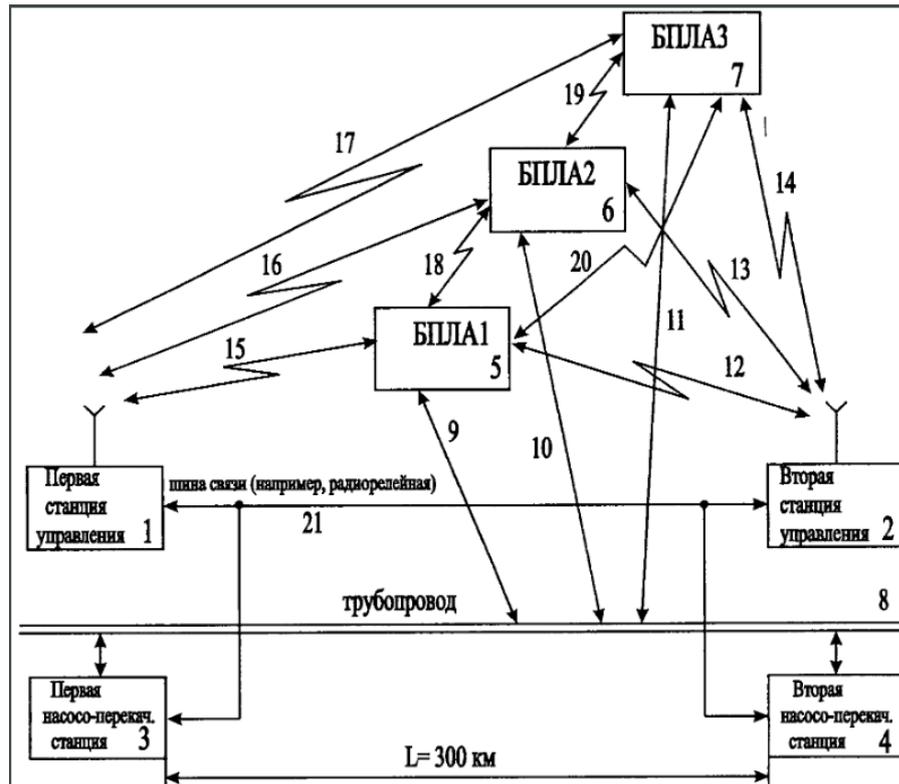


Рисунок - Структурная схема способа управления БПЛА

«В случаях, когда выполнение задачи БПЛА имеет приоритетное по отношению к затратам значение, целесообразно создание «облака» - то есть звена из нескольких БПЛА, связанных между собой определенным алгоритмом поддержки и функционирования. Ранее, когда БПЛА обладали высокой стоимостью, концепция «облака» была труднореализуема. Сейчас стоимость отдельного БПЛА имеет устойчивую тенденцию к снижению, поэтому применение «облака» выгодно - во-первых, потому, что вероятность выполнения задачи увеличивается, а во-вторых, потому, что увеличение этой вероятности не приводит к существенному увеличению стоимости решения» [21].

Система управления беспилотным летательным аппаратом (СУ БПЛА) предназначена для контроля и управления БПЛА, а также решения остальных задач, связанных с выполнением БПЛА задания оператора.

На рисунке приведена структурная схема устройства управления одного БПЛА (УУ БПЛА) и его связь с наземной станцией управления.

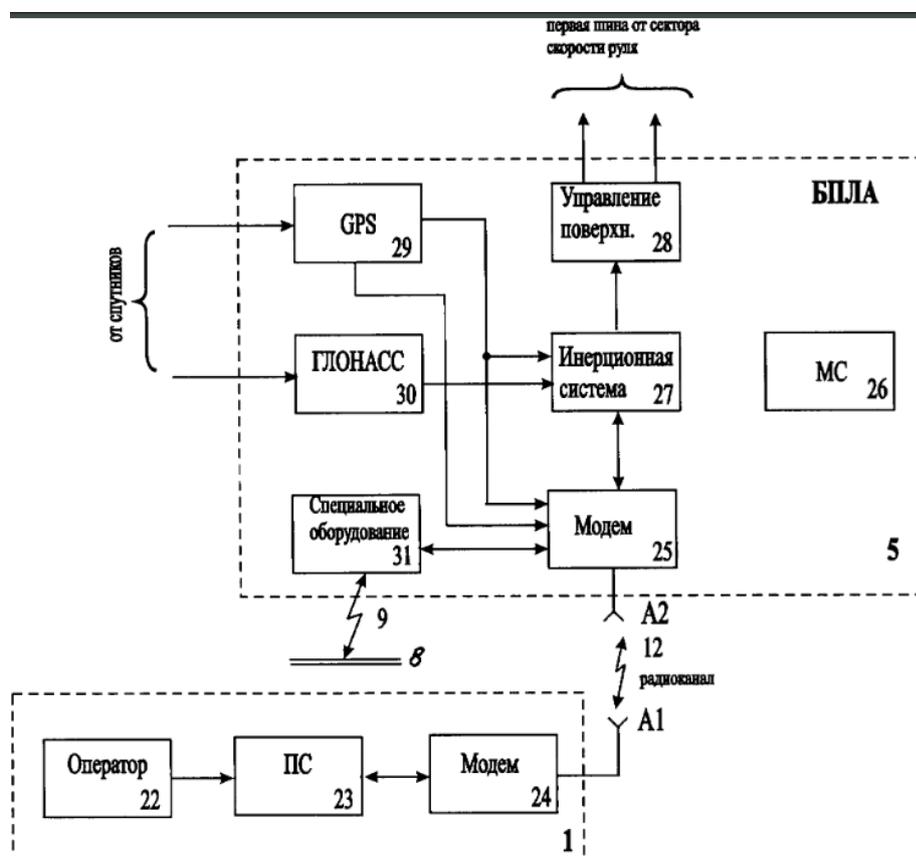


Рисунок - Структурная схема устройства управления одного БПЛА (УУ БПЛА) и его связь с наземной станцией управления

Техническое устройство БПЛА применимо для населенных пунктов РФ, центров промышленности, где наблюдается высокий риск пожарной опасности лесов и сопредельных территорий.

Преимуществом технического устройство представленного средства является достижение обнаружения очага пожара на ранней стадии его развития [25].

## **4 Охрана труда**

За последние годы не только в России, но и во всем мире особое внимание уделяется обеспечению безопасности во всех сферах человеческой жизни вследствие увеличения различных природных и техногенных ЧС.

В течение нескольких лет на территории нашей страны заметно увеличилось количество природных ЧС. Большинство из них – это лесные пожары, которые ежегодно наносят огромный ущерб людям и окружающей среде. Ежегодно в период особого противопожарного режима по СМИ мелькает информация о лесных пожарах на больших площадях в разных районах и субъектах РФ. Такие пожары характеризуются большим охватом площадей выгорания, большим количеством выбросов в атмосферу, долгим временем тушения (от нескольких часов до нескольких месяцев). Таким образом, возникает необходимость выявления и внедрения новых организационных и технических мер по борьбе с лесными пожарами [25].

Правила по охране труда в пожарной охране устанавливают государственные нормативные требования охраны труда при выполнении личным составом всех видов пожарной охраны служебных обязанностей [31].

«На основе Правил разрабатываются инструкции по охране труда, которые утверждаются локальным нормативным актом работодателя (руководителя учреждения) с учетом мнения профсоюзного органа либо иного уполномоченного работниками представительного органа (при наличии). Инструкции по охране труда, а также перечень этих инструкций хранятся у начальника соответствующего подразделения, копии с учетом обеспечения доступности и удобства ознакомления с ними в помещении начальника караула (руководителя дежурной смены). Организация работы по обеспечению соблюдения законодательства Российской Федерации об охране труда в подразделениях пожарной охраны осуществляется в соответствии с государственными нормативными требованиями охраны труда, содержащимися в федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации» [16].

### **4.1 Разработка процедуры прохождения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров**

«Обязательные периодические медицинские осмотры проводятся в целях динамического наблюдения за состоянием здоровья работников, своевременного

выявления начальных форм профессиональных заболеваний, ранних признаков воздействия опасных и (или) вредных производственных факторов рабочей среды, трудового процесса на состояние здоровья работников, в целях формирования групп риска развития профессиональных заболеваний, выявления медицинских противопоказаний к осуществлению отдельных видов работ. Предварительный и периодические осмотры проводятся медицинскими организациями или иными организациями, осуществляющими медицинскую деятельность, при наличии лицензии на осуществление медицинской деятельности, предусматривающей выполнение работ по медицинским осмотрам» [15].

«20 основных направлений государственной политики в области охраны труда работников:

- обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников;
- принятие и реализация федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, законов и иных нормативных правовых субъектов Российской Федерации в области охраны труда, а также федеральных целевых, ведомственных целевых и территориальных целевых программ улучшения условий и охраны труда;
- государственное управление охраной труда (ст. 216 ТК РФ);
- федеральный государственный надзор за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, включающий в себя проведение проверок соблюдения государственных нормативных требований охраны труда (глава 57 ТК РФ);
- государственная экспертиза условий труда (ст. 216.1 ТК РФ);
- установления порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда и порядка подтверждения соответствия организации работ по охране труда государственным нормативным требованиям охраны труда [30];
- содействие общественному контролю за соблюдением прав и законных интересов работников в области охраны труда (ст. 370 ТК РФ);
- профилактика несчастных случаев и повреждения здоровья работников;
- расследование и учет несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (ст. 227-231 ТК РФ);

- защита законных интересов работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также членов их семей на основе обязательного социального страхования работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- установление компенсаций за тяжелую работу и работу с вредными и (или) опасными условиями труда;
- координация деятельности в области охраны труда, охраны окружающей среды и других видов экономической и социальной деятельности;
- распространение передового отечественного и зарубежного опыта работы по улучшению условий и охраны труда;
- участие государства в финансировании мероприятий по охране труда;
- подготовка специалистов по охране труда и повышение их квалификации (ст. 225 ТК РФ);
- организация государственной статистической отчетности об условиях труда, а также о производственном травматизме, профессиональной заболеваемости и об их материальных последствиях;
- обеспечение функционирования единой информационной системы охраны труда;
- международное сотрудничество в области охраны труда;
- установление порядка обеспечения работников средствами индивидуальной и коллективной защиты, а также санитарно-бытовыми помещениями и устройствами, лечебно-профилактическими средствами за счет средств работодателей (ст. 221, 223 ТК РФ)» [19].

Реализация основных направлений государственной политики в области охраны труда обеспечивается согласованными действиями органов государственной власти РФ, работодателей, объединений работодателей, а также профессиональных союзов, их объединений и иных уполномоченных работниками представительных органов по вопросам ОТ [28].

На рисунке 5 приведена процедура проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров.

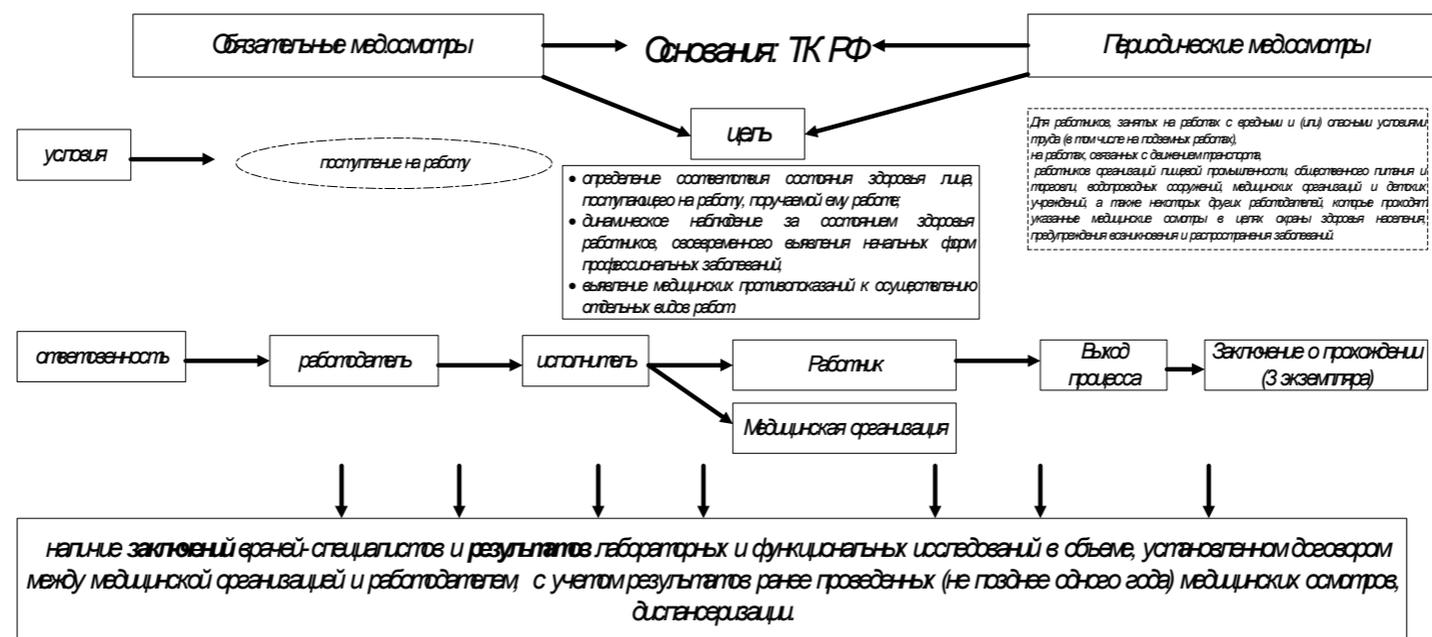
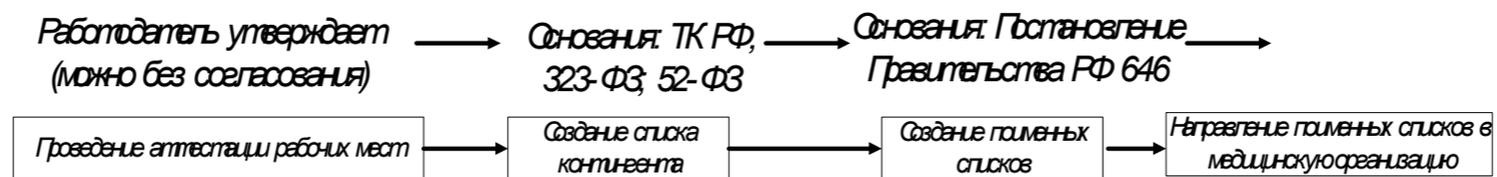


Рисунок 5 – Процедура проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров

«Государство осуществляет управление системой охраны труда путем проведения следующих мероприятий:

- нормативно-правового регулирования организации и проведения работы по охране труда - принимает и реализует федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации в области охраны труда, а также федеральные целевые, ведомственные целевые и территориальные целевые программы улучшения условий и охраны труда;
- введения государственного надзора и контроля за соблюдением государственных нормативных требований охраны труда;
- введения государственной экспертизы условий труда;
- установления порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда и порядка подтверждения соответствия организации работ по охране труда государственным нормативным требованиям охраны труда;
- содействия общественному контролю за соблюдением прав и законных интересов работников в области охраны труда (в этом абзаце, видимо, следовало записать, что содействие оказывается не какому-то абстрактному общественному контролю, но профсоюзным органам работников, осуществляющим такой контроль)» [19].

Вывод к разделу 4

Рассмотрены основные сведения по охране труда, а также проведение процедуры прохождения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров.

Правила по охране труда в пожарной охране устанавливают государственные нормативные требования охраны труда при выполнении личным составом всех видов пожарной охраны служебных обязанностей.

## **5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность**

### **5.1 Идентификация экологических аспектов организации**

Устойчивая экосистема – свойственная лесам – берет из окружающей среды примерно столько, сколько в нее возвращает.

Согласно альтернативной точке зрения, даже единичный низовой пожар приводит к разрушениям, порой сильным, видовой структуры в нижних ярусах леса. При низовом устойчивом пожаре, когда выгорают опад, подстилка и верхний слой почвы, наступает катастрофическая ситуация для структур нижних ярусов наземной экосистемы. Это катастрофа невидима, поскольку основные индикаторы (обычно деревья, формирующие верхний ярус) экосистемы остаются на своих местах.

При этом, если в течение длительного периода (10 и более лет) конкретная лесная экосистема подвергается выжиганию с периодичностью раз в 3 года и чаще, то в ней полностью исчезают:

- подстилка как слой мёртвой органики, выполняющий функции средо- и почвообразования;
- виды поздних сукцессионных стадий;
- деревья, а со временем и большая часть других древесных видов [28].

Охрана окружающей среды и экологический менеджмент, и аудит – система актуальная на сегодняшний день, это система взаимодействия между объектом и окружающей средой. Появляется термин «экологические аспекты», который подразумевает под собой элементы продукции, производственных услуг, оказываемых организацией [29].

«Процессы организации, рассматриваемые для определения экологических аспектов:

- проектирование и разработка;
- производственные процессы, упаковка и транспортирование;

- экологическая эффективность и методы подрядчиков и поставщиков;
- управление отходами;
- извлечение и распределение сырья и природных ресурсов;
- распределение, использование и утилизация продукции;
- сохранение заповедных мест и биоразнообразия» [26].

Внедрение системы экологического менеджмента определяет мероприятия по контролю, идентификации экологических аспектов по влиянию деятельности объекта [29].

«Взаимосвязь между экологическими аспектами и связанными с ними воздействиями носит причинно-следственный характер. Организации следует знать и понимать те аспекты, которые оказывают или могут оказать значимое воздействие на окружающую среду, т.е. значимые экологические аспекты. Так как организация может иметь множество экологических аспектов и связанных с ними воздействий, то следует разработать критерии и методы определения тех из них, которые можно рассматривать как значимые. При разработке критериев следует рассмотреть такие факторы, как характеристики окружающей среды, информацию о законодательных и других требованиях, которые организация обязалась выполнять, а также мнения заинтересованных сторон (внешних и внутренних). Некоторые из этих критериев могут быть применены непосредственно к экологическим аспектам организации, а другие - к связанным с ними воздействиям на окружающую среду» [26].

Политика организации, ее цели и задачи, а также обучение (подготовка) персонала, обмен информацией, управление операциями и программы мониторинга следует, прежде всего, основывать на знании значимых экологических аспектов, но при этом также необходимо учитывать такие вопросы, как применимые законодательные и другие требования, которые организация обязалась выполнять, а также мнения заинтересованных сторон.

«Идентификация значимых экологических аспектов - постоянный процесс, позволяющий организации лучше понимать свое взаимодействие с

окружающей средой и свой вклад в постоянное улучшение экологических характеристик путем совершенствования системы экологического менеджмента. Поскольку не существует единого подхода к идентификации экологических аспектов, связанных с ними воздействий на окружающую среду и определению их значимости, который был бы приемлем для любой организации, то настоящие указания должны помочь определить основные особенности этих действий организациям, внедряющим или совершенствующим системы экологического менеджмента. Каждой организации следует выбрать подход, который будет соответствовать области применения экологической системы, характеру деятельности, размерам организации, а также ее потребностям в отношении степени детализации, комплексности, сроков, затрат и доступности достоверных данных. Использование процедуры (процедур), реализующей выбранный подход, может помочь достижению соответствия требованиям» [26].

Идентификация опасных факторов в организации, на объекте или обособленной территории предусматривает владельца или ответственного детализировать текущую и планируемую деятельность по характеру направленности выделения негативных элементов на окружающую среду. Таким образом, рассматриваются несколько режимов работы для сравнения и получения исходных данных для работы по экологической политике.

«В дополнение к тем экологическим аспектам, которые организация может непосредственно контролировать, следует также определить аспекты, на которые она может оказывать влияние, например экологические аспекты продукции и услуг, которые она использует, и той продукции и услуг, которые она планирует поставлять. При оценке возможности влиять на экологические аспекты, связанные с деятельностью, продукцией или услугами, организации следует определить ответственных за выполнение требований законодательства или контрактов, проанализировать свою политику, локальные или региональные вопросы и обязательства, а также ответственность перед заинтересованными сторонами» [26].

Руководитель организации, объекта, в конкретном случае представители администрации и руководитель департамента лесного хозяйства по субъекту должен определять последствия, которые могут усугубить ситуацию в экологическом плане. Для ландшафтных территорий – это пожары, незаконная вырубка и несанкционированный пал травы и подстилки, массовые заболевания представителей флоры и фауны (эпизоотии, эпифитотии).

«Для идентификации и понимания экологических аспектов организации следует использовать качественные и/или количественные данные о характеристиках ее деятельности, продукции и услуг, такие как входные и выходные потоки материалов и энергии, используемые процессы и технологии, оборудование и его размещение, способы транспортирования и человеческий фактор (например, плохое зрение или слух работников). Помимо этого, полезно собирать и анализировать (проводить сбор и анализ информации) информации относительно:

- причинно-следственной связи между элементами деятельности, продукции и услуг организации и возможными или фактическими изменениями окружающей среды;
- экологических взглядов заинтересованных сторон, а также
- возможных экологических аспектов, идентифицированных в правительственных постановлениях, регламентах и разрешениях, в других стандартах или документах промышленных ассоциаций, академических учреждений» [26].

Процесс идентификации экологических аспектов будет более точным, если будут привлечены специалисты, хорошо знающие деятельность организации, ее продукцию и услуги.

«Хотя не существует единого подхода к идентификации экологических аспектов, выбранный подход может включать в себя, например, рассмотрение следующих аспектов:

- выбросы в атмосферу;
- сбросы в воду;

- сбросы на землю (почву);
- использование сырьевых материалов и природных ресурсов (например, использование земли, воды);
- экологические заботы местного сообщества;
- использование энергии;
- потери энергии (например, тепла, радиации, вибрации);
- отходы и побочная продукция;
- физические характеристики объектов (например, размеры, форма, цвет, внешний вид)» [26].

«Также следует рассмотреть аспекты, касающиеся видов деятельности организации, выпуска ею продукции и предоставления услуг, например:

- проектирование и разработка;
- процессы изготовления;
- упаковка и транспортирование;
- экологическая результативность и практика работы с поставщиками и подрядчиками;
- управление отходами;
- добыча и распределение сырьевых материалов и природных ресурсов;
- распределение, использование и утилизация;
- жизнь дикой природы и биоразнообразии» [26].

## **5.2 Выявление антропогенного воздействия на окружающую среду**

Поскольку пожары, особенно длительные, значительно изменяют состав воздушной среды, существует опасение об их вреде для здоровья людей, а именно: возможен вред для органов дыхания и для системы кровообращения [30].

«Согласно двухлетним исследованиям в Чите лаборатории экологии НИИ медицины труда и экологии, в период лесных пожаров в Чите возросла обращаемость за скорой медицинской помощью в 3–4 раза и смертность – в 10–13 раз. Американская ассоциация кардиологов в 2010 году опубликовала научное заявление о том, что существует связь между загрязнением воздуха мелкими частицами, в основном имеющими размер 2,5 микрона и меньше, и сердечно-сосудистыми заболеваниями» [7].

### **5.3 Разработка процедуры получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу**

«В целях государственного регулирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для стационарных источников устанавливаются следующие нормативы выбросов:

- предельно допустимые выбросы (нормативы допустимых выбросов);
- технологические нормативы выбросов;
- предельно допустимые нормативы вредных физических воздействий на атмосферный воздух;
- технические нормативы выбросов» [12].

Нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух определяются в отношении загрязняющих веществ, включенных в перечень загрязняющих веществ [30].

Охрана окружающей среды и экологический менеджмент, и аудит – система актуальная на сегодняшний день, это система взаимодействия между объектом и окружающей средой. Появляется термин «экологические аспекты», который подразумевает под собой элементы продукции, производственных услуг, оказываемых организацией.

В таблице 1 приведены данные по регламентированной процедуре получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу

Таблица 1 – Данные по регламентированной процедуре получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу

Действие (процесс)	Ответственный за процесс	Исполнитель процесса	Документы на входе	Документы на выходе
Прием и регистрация заявления и документов, необходимых для предоставления государственной услуги	Представитель собственника объекта или специализированная организация	Специалист территориального органа Росприроднадзора	Отметка о приеме заявления, документов	Регистрация приема заявления и документов заявителя.
Назначение ответственного исполнителя для рассмотрения зарегистрированного заявления	Начальник структурного подразделения территориального органа Росприроднадзора	Ответственный исполнитель Росприроднадзора	Резолюция начальника, заявление и документы заявителя	Приказ о назначении ответственного исполнителя для рассмотрения заявления
Проверка верности оформления заявления и комплектности	Ответственный исполнитель [3]	Начальник структурного подразделения	Заявление и документы, а также документы и информацию	Уведомление об отказе в установлении нормативов

Нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух определяются в отношении загрязняющих веществ, включенных в перечень загрязняющих веществ [27].

Охрана окружающей среды и экологический менеджмент, и аудит – система актуальная на сегодняшний день, это система взаимодействия между объектом и окружающей средой. Рассмотрены сведения по охране окружающей среды и экологическая безопасность, данные об идентификации экологических аспектов организации и выявлении антропогенного воздействия на окружающую среду.

На рисунке 6 приведена регламентированная процедура получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу.

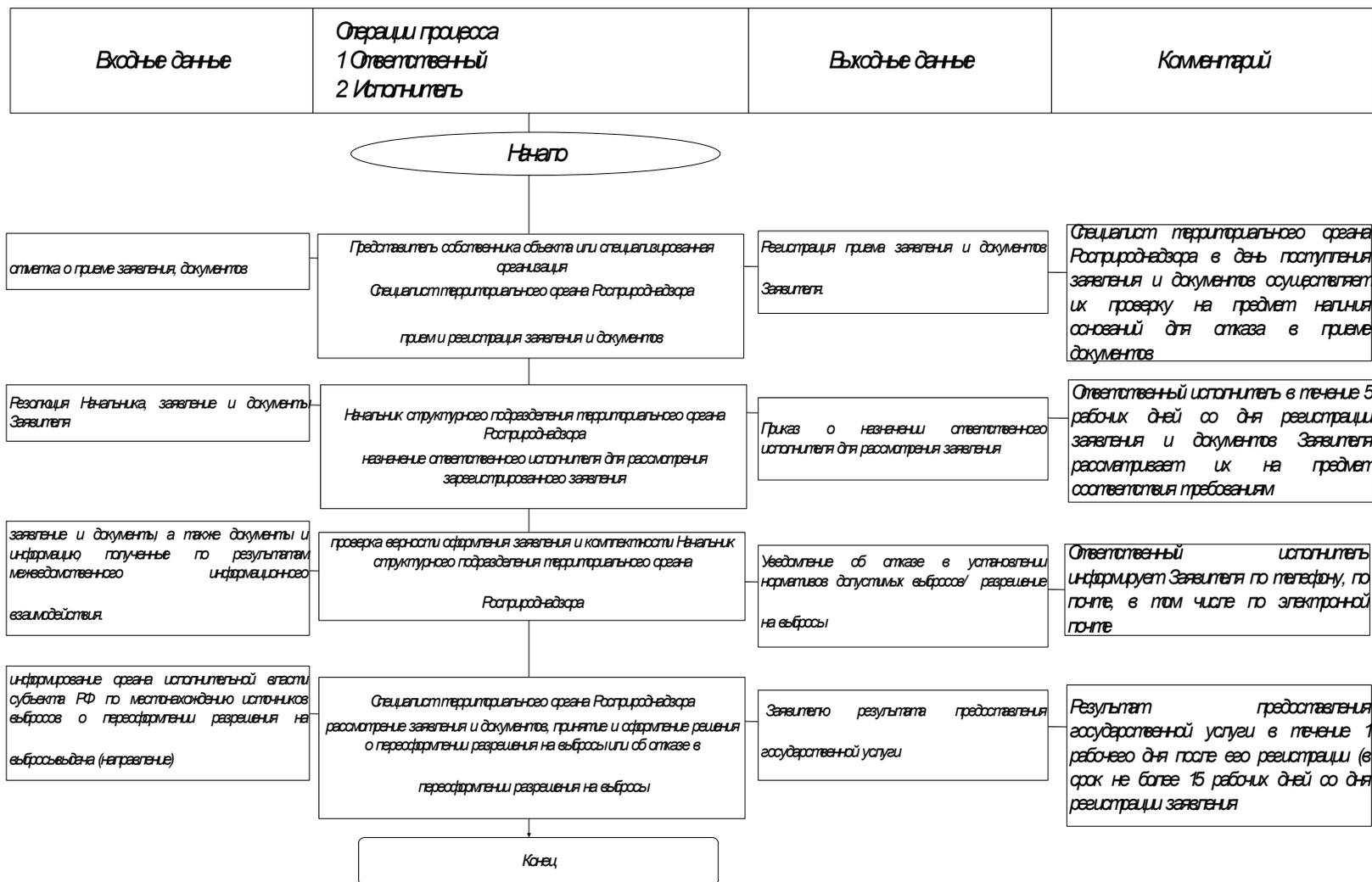


Рисунок 6 – Регламентированная процедура получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу.

«Определение фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха осуществляется в соответствии с методическими указаниями, утверждаемыми Министерством природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Особенности учета фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха при определении нормативов допустимых выбросов устанавливаются методикой. Нормативы допустимых выбросов разрабатываются (рассчитываются) юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими хозяйственную и (или) иную деятельность на объектах I, II и III категорий» [12].

Вывод к разделу 5

Охрана окружающей среды и экологический менеджмент, и аудит – система актуальная на сегодняшний день, это система взаимодействия между объектом и окружающей средой. Появляется термин «экологические аспекты», который подразумевает под собой элементы продукции, производственных услуг, оказываемых организацией.

Рассмотрены сведения по охране окружающей среды и экологическая безопасность, данные об идентификации экологических аспектов организации и выявлении антропогенного воздействия на окружающую среду.

Разработана процедура получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу.

## 6 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

В таблице 2 приведен план мероприятий по обеспечению ПБ согласно выбранной теме.

Таблица 2 – Данные по годовому плану мероприятий обеспечения ПБ в лесах

Наименование мероприятия	Ответственный за выполнение	Дата (период) выполнения	Примечание
Приведение в готовность планов ликвидации лесных пожаров, природных ЧС и несогласованных действий на территории лесного хозяйства	Руководитель департамента лесного хозяйства, ответственный по ПБ в лесах	05.01.2022-24.01.2022	выполнено
Содержание элементов лесного хозяйства в чистоте и порядке согласно распоряжению администрации города, в том числе в условиях противопожарного режима	Руководитель департамента лесного хозяйства, ответственный по ПБ в лесах [9]	05.01.2022-30.11.2022	в процессе выполнения
Контроль над соблюдением безопасного поведения в лесах, запрещение разведения костров и открытого огня, кроме разрешенных отжигов порубочных остатков	Руководитель департамента лесного хозяйства, ответственный по ПБ в лесах	05.01.2022-30.11.2022	в процессе выполнения
Обеспечение кадровых, материально-технических ресурсов для готовности к применению, разбивка лесной территории на лесные квартала, устройство отметок на местности	Руководитель департамента лесного хозяйства, ответственный по ПБ в лесах	05.01.2022-30.11.2022	в процессе выполнения
Устройство минерализованных полос, камер видеонаблюдения, качестве противопожарных мероприятий, регулярный контроль территории методом дозоров 2 раза в сутки	Руководитель департамента лесного хозяйства, ответственный по ПБ в лесах	05.01.2022-30.11.2022	в процессе выполнения
Контролируемое выжигание порубочных остатков сертифицированными организациями, постоянное взаимодействие со службами ПО, ЕДДС, администрации города	Руководитель департамента лесного хозяйства, ответственный по ПБ в лесах	05.01.2022-30.11.2022	в процессе выполнения

Расчет математического ожидания потерь при возникновении пожара

В таблице 3 представлены данные о смете затрат.

Таблица 3 - Смета затрат на установку АУПТ на объекте

Статьи затрат	Сумма, руб.
Строительно-монтажные работы	200 000
Стоимость оборудования	556 000
Материалы и комплектующие	-
Пуско-наладочные работы	-
Итого:	756 000

В таблице 4 приведены исходные данные для расчетов.

Таблица 4 - Исходные данные для расчетов

Наименование показателя	Единицы измерения	Условные обозначения	Базовый вариант	Проектный вариант
Общая площадь	м <sup>2</sup>	F	350	
Стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов	Руб/м <sup>2</sup>	C <sub>T</sub>	580 000	
Стоимость поврежденных частей здания	руб/м <sup>2</sup>	C <sub>к</sub>	125 000	
Вероятность возникновения пожара	1/м <sup>2</sup> в год	J	3,66×10 <sup>-2</sup>	
Площадь пожара на время тушения первичными средствами	м <sup>2</sup>	F <sub>Пож</sub>	15	
Площадь пожара при тушении средствами автоматического пожаротушения	м <sup>2</sup>	F* <sub>пож</sub>	-	4,2
Вероятность тушения пожара первичными средствами	-	p <sub>1</sub>	0,82	
Вероятность тушения пожара привозными средствами	-	p <sub>2</sub>	0,84	
Вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения	-	p <sub>3</sub>	0,92	
Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами	-	-	0,54	

Продолжение таблицы 4

Наименование показателя	Единицы измерения	Условные обозначения	Базовый вариант	Проектный вариант
Коэффициент, учитывающий косвенные потери	-	к	1,67	
Линейная скорость распространения горения по поверхности	м/мин	$v_{л}$	0,525	
Время свободного горения	мин	$V_{свг}$	6	
Стоимость оборудования	Руб.	К	-	580 000
Норма амортизационных отчислений	%	$N_{ам}$	-	1
Суммарный годовой расход	т	$W_{ов}$	-	60
Оптовая цена огнетушащего вещества	Руб.	$Ц_{ов}$	-	1000
Коэффициент транспортно-заготовительно-складских расходов	-	$k_{тзср}$	-	1,3
Стоимость 1 кВт·ч электроэнергии	Руб.	$Ц_{эл}$	-	0,8
Годовой фонд времени работы установленной мощности	ч	$T_p$	-	0,84
Установленная электрическая мощность	кВт	N	-	0,12
Коэффициент использования установленной мощности	-	$k_{им}$	-	30

Годовые материальные потери от пожара при наличии первичных средств пожаротушения  $M(П1)$ :

$$M(П1) = M(П_1) + M(П_2) + M(П_3) \quad (14)$$

где  $M(П_1)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения;

$M(П_2)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных пожарными подразделениями;

$M(П_3)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех первичных средств, АУПТ.

Математическое ожидание годовых от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения:

$$M(\Pi_1) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F_{\text{пож}} \cdot (1 + k) \cdot p_1 \quad (15)$$

$$M(\Pi_1) = 2,1 \cdot 210 \cdot 556000 \cdot 25 \cdot (1 + 0,25) \cdot 0,79 = 21362,5$$

где  $J$  – вероятность возникновения пожара,  $1/\text{м}^2$  в год;

$F$  – площадь объекта,  $\text{м}^2$ ;

$C_T$  – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./ $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{пож}}$  – площадь пожара на время тушения первичными средствами,  $\text{м}^2$ ;

$p_1$  – вероятность тушения пожара первичными средствами;

$k$  – коэффициент, учитывающий косвенные потери.

Вероятность безотказной работы первичных средств тушения определяется по таблице 5.

Таблица 5 – Вероятность безотказной работы

Скорость распространения горения по поверхности, $Y_1$ м/мин	0.35	0.54	0.69	0.8	0.9
Вероятность безотказной работы первичных средств тушения, $p_1$	0.85	0.79	0.46	0.27	0.12

Математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных привозными средствами пожаротушения:

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot 0,52 \cdot (1 + k) \cdot (1 - p_1) \cdot p_2 \quad (16)$$

где  $p_2$  – вероятность тушения пожара привозными средствами;

0,52 – коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами;

$C_k$  – стоимость поврежденных частей здания, руб./м<sup>2</sup>;

$F'_{\text{пож}}$  – площадь пожара за время тушения привозными средствами.

$$M(\Pi_2) = 2,5 \cdot 1256 \cdot (556000 \cdot 25 + 50\,000) \cdot 0,52 \cdot (1 + 0,25) \cdot 0,21 \cdot 0,75 \\ = 452523$$

Вероятность тушения пожара привозными средствами определяется по таблице 6.

Таблица 6 – Вероятность тушения пожара привозными средствами

Нормативный расход воды на наружное пожаротушение, $q_{\text{п}}$ л/с	15	20	30	40	60	100	160
Вероятность тушения пожара привозными средствами, $p_2$	0.5	0.6	0.75	0.85	0.95	0.99	0.999

Математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения:

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_k) \cdot (1 + k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_2] \quad (17)$$

где  $F''_{\text{пож}}$  – площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения, м<sup>2</sup>.

$$M(\Pi_3) = 3 \cdot 1240 \cdot (580000 \cdot 25 + 50\,000) \cdot 0,52 \cdot (1 + 0,25) \cdot 0,21 \cdot 0,75 = 62091$$

$$M(\Pi) = 460\,000 + 438\,000 + 62\,091 = 960\,091$$

Площадь пожара за время тушения привозными средствами:

$$F'_{\text{пож}} = \pi \times (v_{\text{л}} \cdot B_{\text{св}} \cdot r)^2 \quad (18)$$

где  $v_{\text{л}}$  – линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин;

$B_{\text{св}}$  – время свободного горения, мин.

$$F'_{\text{пож}} = 3,14 \times (2,4 \cdot 12)^2 = 2604,4$$

Рассчитать годовые материальные потери от пожара при оборудовании объекта средствами автоматического пожаротушения  $M(\Pi_2)$ :

$$M(\Pi_2) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) + M(\Pi_4) \quad (19)$$

где  $M(\Pi_1)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения;

$M(\Pi_4)$  – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения.

Математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных установками автоматического пожаротушения:

$$M(\Pi_1) = J \cdot F \cdot C_{\text{T}} \cdot F_{\text{пож}}^* \cdot (1 + k) \cdot (1 - p_1) \cdot p_3 \quad (20)$$

где  $F_{\text{пож}}^*$  – площадь пожара при тушении средствами автоматического пожаротушения,  $\text{м}^2$ ;

$p_3$  – вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения.

$$M(\Pi_1) = 3 \cdot 1240 \cdot (580000 \cdot 25) \cdot 0,52 \cdot (1 + 0,25) \cdot 0,21 \cdot 0,75 = 413\,125,0$$

Математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных привозными средствами пожаротушения:

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot 0,52 \cdot (1 + k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \times p_3] \cdot p_2 \quad (21)$$

$$M(\Pi_2) = 3 \cdot 1240 \cdot (580000 \cdot 25 + 50\,000) \cdot 0,52 \cdot (1 + 0,25) = 213456$$

Математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения:

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_K) \cdot (1 + k) \cdot \{1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3 - [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\} \quad (22)$$

Рассчитать эксплуатационные расходы  $P$  на содержание автоматических систем пожаротушения:

$$P = A + C \quad (23)$$

где  $A$  – затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения, руб./год;

$C$  – текущие затраты указанных систем (зарплата обслуживающего персонала, текущий ремонт и др.), руб./год.

$$P = 215321 + 320000 = 556\,000$$

Текущие затраты:

$$C = C_{\text{т.р.}} + C_{\text{с.о.п.}} + C_{\text{о.в.}} \quad (24)$$

где  $C_{\text{т.р.}}$  – затраты на текущий ремонт;

$C_{\text{с.о.п.}}$  – затраты на оплату труда обслуживающего персонала;

$C_{\text{о.в.}}$  – затраты на огнетушащее вещество.

$$C = 256\,000 + 124\,000 + 52\,000 = 236963$$

Затраты на текущий ремонт:

$$C_{\text{т.р.}} = \frac{K_2 \cdot N_{\text{т.р.}}}{100\%} \quad (25)$$

где  $K_2$  – капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

$N_{\text{т.р.}}$  – норма текущего ремонта, %.

$$C_{\text{т.р.}} = \frac{580000 \cdot 75_{\text{т.р.}}}{100\%} = 435000$$

Затраты на оплату труда обслуживающего персонала:

$$C_{\text{с.о.п.}} = 12 \cdot Ч \cdot \text{ЗПЛ} \quad (26)$$

где  $Ч$  – численность работников обслуживающего персонала, чел.;

$\text{ЗПЛ}$  – заработная плата 1 работника, руб./мес.

$$C_{\text{с.о.п.}} = 12 \cdot 42 \cdot 35\,000 = 1\,764\,000$$

Затраты на огнетушащее вещество:

$$C_{\text{о.в.}} = W \cdot Ц \cdot k_{\text{т.з.с.р.}} \quad (27)$$

где  $W$  – суммарный годовой расход огнетушащего вещества;

$k_{\text{т.з.с.р.}}$  – коэффициент транспортно-заготовительно-складских расходов.

$$C_{\text{о.в.}} = 25000 \cdot 12\,500 \cdot 0,23 = 7\,187\,500$$

Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100\%} \quad (28)$$

где  $K_2$  – капитальные затраты на приобретение, установку автоматических средств тушения пожара, руб.;

$H_a$  – норма амортизации, %.

$$A = \frac{556\,000 \cdot 1,25}{100\%} = 565\,000$$

Чистый дисконтированный поток доходов:

$$I_t = ([M(П1) - M(П2)] - [P_2 - P_1]) \cdot \frac{1}{(1+НД)^t} - (K_2 - K_1) \quad (29)$$

где  $t$  – год осуществления затрат;

НД– постоянная норма дисконта, равная приемлемой для инвестора норме дохода на капитал.

$P_1, P_2$ – эксплуатационные расходы в базовом и планируемом вариантах в  $t$ -м году, руб./год.

$$I_t = ([459187,5 - 38091 - [169000]) \cdot \frac{1}{(1+0,3)^t} - 580000 = 21213,47$$

Определить интегральный экономический эффект:

$$И = \sum_{t=0}^T I_t \quad (30)$$

где  $T$  – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода).

$I_t$  – чистый дисконтированный поток доходов на  $t$ -году проекта.

Расчеты по эффективности мероприятий сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Интегральный экономический эффект

Нормируемый параметр	$M(\Pi)1-M(\Pi)2$	$C_2-C_1$	$D$	$[M(\Pi)1-M(\Pi)2] \cdot D - (C_2-C_1) \cdot D$	$K_2-K_1$	Чистый дисконтированный поток доходов
1	125 253,63	28 156,3	0,98	152 631,2	756000	-157 214,2
2	125 253,63	28 156,3	0,95	142 523,4	-	142 512,3
3	125 253,63	28 156,3	0,92	123 693,2	-	112 256,3
4	125 253,63	28 156,3	0,89	112 128,6	-	95 541,2
5	125 253,63	28 156,3	0,85	89 523,3	-	92 142,2
6	125 253,63	28 156,3	0,84	84 523,3	-	82 214,1
7	125 253,63	28 156,3	0,79	76 512,3	-	80 214,2
8	125 253,63	28 156,3	0,74	70 523,9	-	80 142,2
9	125 253,63	28 156,3	0,71	64 215,3	-	79 412,2
10	125 253,63	28 156,3	0,68	58 312,6	-	68 259,3
11	125 253,63	28 156,3	0,64	45 123,3	-	62 582,3
12	125 253,63	28 156,3	0,62	32 523,2	-	58 125,2
13	125 253,63	28 156,3	0,58	28 412,5	-	48 523,2
14	125 253,63	28 156,3	0,54	21 256,3	-	40 241,2
15	125 253,63	28 156,3	0,51	24 245,6	-	39 125,2
16	125 253,63	28 156,3	0,48	18 256,4	-	38 253,2
17	125 253,63	28 156,3	0,45	10 243,3	-	35 125,3
18	125 253,63	28 156,3	0,42	8 542,2	-	24 245,6
19	125 253,63	28 156,3	0,4	5 523,3	-	18 256,4
20	125 253,63	28 156,3	0,35	2 632,3	-	10 243,3

Вывод к разделу 6

Интегральный экономический эффект составит 21213,47 руб. Устройство может быть применено. Описаны сведения и методы для обеспечения ПБ.

## Заключение

Показаны данные совершенствования системы использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.

Решены задачи по:

- описанию характеристик беспилотных летательных аппаратов, используемых для тушения пожаров;
- выявлению основополагающих критериев беспилотных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров;
- разработки системы использования беспилотных летательных аппаратов для ранней диагностики лесных пожаров.

Ежегодно в период особого противопожарного режима по СМИ мелькает информация о лесных пожарах на больших площадях в разных районах и субъектах РФ. Такие пожары характеризуются большим охватом площадей выгорания, большим количеством выбросов в атмосферу, долгим временем тушения (от нескольких часов до нескольких месяцев). Таким образом, возникает необходимость выявления и внедрения новых организационных и технических мер по борьбе с лесными пожарами.

Беспилотные летательные аппараты используют для различных сфер деятельности, в том числе для прогнозирования и тушения лесных пожаров. Такие технические устройства показали на практике небывалую эффективность, поскольку помогают определить местоположение очага пожара на начальной стадии. Получение точных данных в режиме реального времени – явное преимущество летательных аппаратов, дронов. Ведь очевидно, что пожар легче предотвратить, чем бороться с его последствиями, причем часто они могут быть невосполнимыми. Также среди положительных черт применения летательных аппаратов является то, что с постоянным развитием науки и техники, появляются более маневренные и эффективные технические устройства.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Головина А.Н. Сравнительная оценка горимости лесов России и зарубежных стран// Лесохозяйственная информация: электронный сетевой журнал. – 2020. Электронный ресурс. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnaya-otsenka-gorimosti-lesov-rossii-i-zarubezhnyh-stran> (дата обращения: 04.10.2022).
2. Дроны в борьбе с лесными пожарами [Электронный ресурс]. Материал из Википедии – бесплатной энциклопедии. URL: [https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.84955c63-63233f40-9ca8e6f3-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Drones\\_in\\_wildfire\\_management](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.84955c63-63233f40-9ca8e6f3-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Drones_in_wildfire_management) (дата обращения: 19.08.2022).
3. Залесов С.В., Залесова Е.С., Оплетаев А.С. Охрана лесов от пожаров: пособие для лесного пожарного. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2013. – 63 с.
4. Козырицкий П.А. Анализ травматизма и несчастных случаев при производстве работ на высоте // Вестник Белорусско-Российского университета. 2010. 2(27). Электронный ресурс. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-travmatizma-i-neschastnyh-sluchaev-pri-proizvodstve-rabot-na-vysote>(дата обращения: 04.10.2022).
5. Лесной кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] Федеральный закон от 04.12.2006 (ред. 26.03.2022) URL: <https://docs.cntd.ru/document/902017047> (дата обращения: 04.10.2022).
6. Лесной пожар [Электронный ресурс]. Материал из Википедии – бесплатной энциклопедии. URL: <https://goo.su/4zbysxJ> (дата обращения: 19.08.2022).
7. Лесные пожары в России (2021) [Электронный ресурс]. Материал из Википедии – бесплатной энциклопедии. URL: <https://goo.su/sWw7pPh> (дата обращения: 19.08.2022).

8. Мазуркин П.М. Анализ лесных пожаров по многолетним статистическим данным// Вестник Белорусско-Российского университета. 2010. 2(27). Электронный ресурс. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-lesnyh-pozharov-po-mnogoletnim-statisticheskim-dannym> (дата обращения: 04.10.2022).

9. Методические рекомендации по применению сил и средств для тушения лесных пожаров (утв. МЧС России 16.07.2014 №2-4-87-9-18) [Электронный ресурс]. URL: <https://rulaws.ru/acts/Metodicheskie-rekomendatsii-po-primeneniyu-sil-i-sredstv-dlya-tusheniya-lesnyh-pozharov/> (дата обращения: 19.08.2022).

10. О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера [Электронный ресурс] Федеральный закон №68 от 21.12.1994 (ред. 30.12.2021) URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-68-FZ/> (дата обращения: 19.08.2022).

11. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] Федеральный закон №69 от 21.12.1994 (ред. 14.07.2022) URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-69-FZ/> (дата обращения: 19.08.2022).

12. О предельно допустимых выбросах, временно разрешенных выбросах, предельно допустимых нормативах вредных физических воздействий на атмосферный воздух и разрешениях на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух [Электронный ресурс] Постановление Правительства РФ №2055 от 09.12.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573103447> (дата обращения: 19.08.2022).

13. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7 (ред. от 30.12.2021). - URL: <https://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-10.01.2002-N-7-FZ/> (дата обращения: 15.09.2022).

14. Об утверждении Боевого Устава подразделений Пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ [Электронный ресурс] Приказ МЧС России РФ №444 от 16.10.2017 (ред. 20.02.2018). URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-MCHS-Rossii-ot-16.10.2017-N-444/> (дата обращения: 19.08.2022).

15. Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных (при поступлении на работу) медицинских осмотров и обязательных периодических (в течение трудовой деятельности) медицинских осмотров работников [Электронный ресурс] Приказ Министерства здравоохранения РФ №92н от 18.02.2022. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728247517> (дата обращения: 10.09.2022)

16. Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны [Электронный ресурс] Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ №881н от 11.12.2020. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191712> (дата обращения: 19.09.2022).

17. Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах [Электронный ресурс]. Постановление Правительства РФ №1614 от 07.10.2020 (ред. 30.12.2021). URL: <https://docs.cntd.ru/document/565945769> (дата обращения: 19.08.2022).

18. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс] Постановление Правительства Российской Федерации №1479 от 16.09.2020 (ред. 21.05.2021) URL: <https://docs.cntd.ru/document/565837297> (дата обращения: 04.10.2022).

19. Охрана труда - основные понятия и разъяснения [Электронный ресурс] : Государственная инспекция. РосТруд. - URL: <https://goo.su/snN8FJ> (дата обращения: 04.10.2022).

20. Пат. 2 744 324 Российская Федерация, А62С 3/02(2006.01). Система и способ тушения пожара/ Погорельский А.Л. и др.; заявитель и патентообладатель Погорельский А.Л. – № 2020123095 ; заявл. 13.07.2020 ;

опубл. 05.03.2021, Бюл. № 7. – 12 с. [Электронный ресурс] — URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2744324C1\\_20210305](https://yandex.ru/patents/doc/RU2744324C1_20210305) (дата обращения: 19.08.2022)

21. Пат. 2 457 531 Российская Федерация, А62С 3/02(2006.01). Способ применения беспилотных летательных аппаратов и устройство управления/ Шароварин Е.В. и др.; заявитель и патентообладатель Погорельский А.Л. – № 2020123095 ; заявл. 13.07.2020 ; опубл. 05.03.2021, Бюл. № 7. – 12 с. [Электронный ресурс] — URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2457531C1\\_20120727](https://yandex.ru/patents/doc/RU2457531C1_20120727) (дата обращения: 19.09.2022).

22. Пожарная тактика. Книга 5. Пожаротушение. Часть 4. Леса, торфяники, лесосклады : учеб. пособие / В. В. Терехнев. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2020. – 272 с.

23. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статист. сб. Балашиха: П 46 ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2022. 114 с.

24. Управление рисками организаций, материал из Википедии – свободной энциклопедии. URL: <https://goo.su/FK6ie> (дата обращения: 03.09.2022).

25. Шувакин, А. Е. Ориентированный подход при осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на объектах газораспределения и газопотребления // Молодой ученый. – 2015. – № 22 (102). – С. 225-228. URL: <https://moluch.ru/archive/102/23353/> (дата обращения: 14.05.2022).

26. Экологический аспект, процедура идентификации значимых экологических аспектов [Электронный ресурс]. URL: [http://www.promecopalata.ru/index.php?id=63&option=com\\_content](http://www.promecopalata.ru/index.php?id=63&option=com_content) (дата обращения: 17.03.2022).

27. 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).

28. 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).

29. Fire Protection Technology. – URL: <https://www.usfa.fema.gov/prevention/technology/> (дата обращения: 20.01.2022).

30. Public Fire Information Websites. – URL: <https://www.fs.usda.gov/science-technology/fire/information> (дата обращения: 20.01.2022).

31. Fire technology news & articles. – URL: <https://www.firerescue1.com/fire-products/technology/articles/> (дата обращения: 20.01.2022).