

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.5>

**ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫМИ ДЕЙСТВИЯМИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

Обзор

**Мартемьянов С.И.<sup>1</sup>, Маторина О.С.<sup>2\*</sup>, Стрельцов О.В.<sup>3</sup>, Нестерова С.В.<sup>4</sup>**

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-3962-6492;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-1392-4849;

<sup>4</sup> ORCID : 0000-0002-9133-4203;

<sup>1,2,3,4</sup> Всероссийский ордена «знак почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны, Балашиха, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (odp1313[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Использование беспилотных летательных аппаратов для управления противопожарными действиями в чрезвычайных ситуациях (ЧС) – предмет данной статьи. Цель работы заключается в исследовании возможностей и оценке эффективности беспилотных летательных аппаратов в борьбе с пожарами. Методология включает анализ регулирующих документов, изучение проблем и преимуществ использования беспилотных летательных аппаратов, а также обзор различных типов беспилотных летательных аппаратов. Результаты показывают, что беспилотных летательных аппаратов могут обеспечить оперативный мониторинг и более эффективное тушение пожаров. Выводы указывают на перспективность применения беспилотных летательных аппаратов, несмотря на ограничения.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты, противопожарные действия, чрезвычайная ситуация, пожаротушение, государственная противопожарная служба.

**USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES TO SUPPORT FIREFIGHTING MANAGEMENT IN EMERGENCY SITUATIONS**

Review article

**Martemyanov S.I.<sup>1</sup>, Matorina O.S.<sup>2\*</sup>, Streltsov O.V.<sup>3</sup>, Nesterova S.V.<sup>4</sup>**

<sup>2</sup> ORCID : 0000-0003-3962-6492;

<sup>3</sup> ORCID : 0000-0002-1392-4849;

<sup>4</sup> ORCID : 0000-0002-9133-4203;

<sup>1,2,3,4</sup> All-Russian Research Institute for Fire Protection of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Balashikha, Russian Federation

\* Corresponding author (odp1313[at]yandex.ru)

**Abstract**

The use of unmanned aerial vehicles to manage firefighting activities in emergency situations (ES) is the subject of this article. The aim of the work is to examine the capabilities and evaluate the effectiveness of unmanned aerial vehicles in firefighting. The methodology includes analysing regulatory documents, examining the challenges and benefits of using drones, and reviewing their different types. Results demonstrate that unmanned aerial vehicles can provide rapid monitoring and more effective firefighting. The findings indicate that the use of unmanned aerial vehicles is promising despite the limitations.

**Keywords:** unmanned aerial vehicles, fire prevention, emergency situation, firefighting, state firefighting service.

**Введение**

В условиях чрезвычайных ситуаций, где присутствует высокий риск возникновения и распространения пожаров, **актуальность** оперативного и безопасного управления противопожарными операциями становится критическим фактором. Традиционные методы пожаротушения и разведки часто оказываются неэффективными из-за опасностей для жизни пожарных и военнослужащих, и из-за технических и тактических препятствий, связанных с нестабильностью обстановки и необходимостью защиты от вооруженного воздействия.

В СССР и в настоящее время в Российской Федерации разработаны меры и нормативные документы, регулирующие организацию и проведение противопожарных мероприятий в чрезвычайных ситуациях.

В СССР была создана Общесоюзная противопожарная служба гражданской обороны, которая занималась выполнением противопожарных мероприятий, тушением массовых пожаров и спасательными работами в очагах поражения [1]. Ее задачи включали повышение противопожарной устойчивости городов и объектов, создание и поддержание готовности сил и средств противопожарной службы, разработку тактики тушения пожаров, организацию системы оповещения и связи, обеспечение пожарной техники и оборудования, и строительство защитных сооружений для персонала и техники.

В Российской Федерации противопожарная служба гражданской обороны регулируется Положением о федеральной противопожарной службе гражданской обороны [2]. Ее задачи включают противопожарное обеспечение населенных пунктов и предприятий в чрезвычайных ситуациях, локализацию и тушение пожаров, возникших в

результате чрезвычайных ситуаций. Но в 2004 году службы гражданской обороны, включая противопожарную службу, были отменены [3].

Сегодня в России основной целью гражданской обороны является защита населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера.

Для решения задач, направленных на борьбу с пожарами в условиях чрезвычайных ситуаций, проводится подготовка противопожарных сил, привлекаются пожарно-спасательные части для тушения пожаров в районах аварийно-спасательных работ и на объектах, отнесенных к категориям по гражданской обороне. Они оснащаются необходимыми материально-техническими средствами и подготавливаются в области гражданской обороны. Одним из эффективных средств пожаротушения являются беспилотные летательные аппараты, применение которых направлено на поддержку управления противопожарными действиями в чрезвычайных ситуациях.

### Цель и методы исследования

Данное исследование направлено на заполнение пробела в научной литературе, связанного с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в условиях, когда традиционные средства пожаротушения неприменимы или их использование связано с повышенными рисками, а анализ современных научных работ показывает, что вопросы применения БПЛА для мониторинга и управления пожарными ситуациями в зонах боевых действий остаются недостаточно исследованными.

Исследование выделяется тремя основными факторами **новизны**:

1. В работе систематизированы и проанализированы технические, тактические и психологические аспекты использования БПЛА в чрезвычайных ситуациях, который позволил выявить специфические требования к такого рода технике и предложить направления для дальнейшего развития.

2. Предложены новые подходы к использованию БПЛА, включая ночной мониторинг, применение инфракрасных датчиков и анализаторов воздуха, расширяющие возможности оперативного реагирования и уменьшения риска для персонала.

3. На основе анализа реальных случаев использования БПЛА в зонах чрезвычайных ситуаций представлены рекомендации по оптимизации противопожарных операций, связанная с актуальностью и прикладной ценностью исследования для специалистов в данной области.

Целью исследования является изучение особенностей и специфику применения беспилотных летательных аппаратов для поддержки управления противопожарными действиями в чрезвычайных ситуациях. Методами исследования послужили анализ, синтез, обобщение научных источников по проблеме исследования, а также систематизация опыта различных вариантов использования БПЛА в борьбе с пожарами.

### Результаты исследования и обсуждение

Беспилотные летательные аппараты в последние годы стали активно внедряться в процесс тушения пожаров, особенно в чрезвычайных ситуациях, их способность быстро собирать и передавать данные, непосредственно участвовать в тушении пожаров, делает их ценным ресурсом для современных пожарных служб и служб гражданской обороны. Различные типы БПЛА могут быть адаптированы для выполнения различных задач в зависимости от конкретных потребностей и условий эксплуатации.

Для более глубокого понимания возможностей и особенностей использования БПЛА в сфере тушения пожаров классифицируем их по нескольким основным параметрам. Классификация включает разделение БПЛА на группы в зависимости от их технических характеристик и функциональных возможностей, и определение областей их применения в процессе тушения пожаров (см. Табл. 1).

Таблица 1 - Классификация БПЛА по областям применения

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.5.1>

Группа	Область применения	Разновидности	Техническое исполнение	Особенности использования
Легкие БПЛА	Обнаружение и мониторинг пожаров	Разведывательные дроны	Различные в зависимости от модели	Осуществляют мониторинг пожара, передачу данных о пожаре.
Тяжелые БПЛА	Прямое тушение пожаров	Пожаротушительные дроны	Вертолеты с вращающимися крыльями, длина фюзеляжа: 9.3 м, Максимальная взлетная масса: 1360 кг, Грузоподъемность: 770 кг, Продолжительность полета: 3.2 до 13 часов, Крейсерская	Осуществляют подбор воды из водоемов и сброс воды на пожар.

			скорость: 170 км/ч	
Специализированные БПЛА	Тушение пожаров в лесах и на открытых пространствах	WILD HOPPER, ELIMCO's E300 и другие	У WILD HOPPER платформа на 600 литров, специально разработана для тушения лесных пожаров [4], ELIMCO's E300 обладает большой грузоподъемностью и электрической тягой с низким уровнем шума	WILD HOPPER преодолевает ограничения электрических дронов, неспособных нести больше, чем оборудование для мониторинга пожаров.

Для успешного выполнения задач по борьбе с пожарами в чрезвычайных ситуациях А.Н. Калайдов в своей работе выделяет, что необходимо обеспечить готовность сил и средств противопожарной службы, создать резерв основной пожарной техники и необходимого оборудования, и обеспечить готовность защитных сооружений гражданской обороны для личного состава и техники [4]. Должна проводиться тактическая подготовка, организуются учения и тренировки с личным составом и подразделениями противопожарной службы.

Организация и проведение противопожарных мероприятий в чрезвычайных ситуациях лежит в компетенции подразделений Государственной противопожарной службы. Поэтому нужно учитывать возможные вторичные поражающие факторы, такие как разрушение зданий, задымление, радиоактивное и химическое загрязнение, при проведении противопожарных операций.

Так, борьба с пожарами в чрезвычайных ситуациях включает в себя широкий спектр мероприятий и классификацию пожаров. Пожары могут возникать в зданиях, сооружениях, лесных и степных массивах. Они могут быть отдельными, сплошными, массовыми или представлять собой огневой шторм. Также пожары могут быть классифицированы по времени реагирования и внешним признакам горения.

В противопожарной деятельности в чрезвычайных ситуациях используются различные средства пожаротушения. К первичным средствам пожаротушения относятся огнетушители, внутренние пожарные краны, немеханизированный инструмент, пожарный инвентарь и ранцевые устройства импульсного пожаротушения. Для борьбы с пожарами применяются установки пожаротушения, такие как водяные и пенные (спринклерные, дренчерные), порошковые и аэрозольные установки [5].

Основными средствами противопожарной техники являются пожарные автомобили, включающие автоцистерны порошкового тушения, аэродромные машины, насосные станции, специальные автоподъемники и автолестницы. Помимо перечисленного, в противопожарной деятельности могут использоваться пожарные авиационные средства, плавсредства и поезда [6].

Главный вопрос противопожарной деятельности в чрезвычайных ситуациях – планирование соответствующих мероприятий. МЧС России осуществляет планирование мероприятий гражданской обороны, направленных на борьбу с пожарами [7]. Сюда входит создание необходимых противопожарных сил, их оснащение, подготовку в области гражданской обороны, и тушение пожаров на районах проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ на объектах, отнесенных к категориям по гражданской обороне.

Несмотря на наличие нормативных документов и подготовку сил и средств противопожарной службы, существуют ряд проблем, которые могут затруднить эффективное проведение операций [8].

Одной из основных проблем является недостаток необходимого оснащения и оборудования у пожарных служб. В чрезвычайных ситуациях возникают дополнительные опасности, такие как разрушение зданий, сильное задымление, радиоактивное и химическое заражение, которые требуют специализированного оборудования и средств защиты. Подобная неспособность пожарных служб полноценно справиться с такими вторичными поражающими факторами существенно затрудняет их деятельность.

Еще одна проблема – несогласованность нормативных документов, определяющих требования к пожарной безопасности, с техническими регламентами о безопасности зданий и сооружений. Требования пожарной безопасности в этих документах часто отличаются, что приводит к неправильной оценке и обеспечению пожарной безопасности объектов. Недостаточный уровень знаний и навыков у проектировщиков и строителей в области пожарной безопасности может стать причиной отступлений от требований нормативных документов и создать уязвимости для возникновения пожаров [9].

Также контрольно-надзорная функция, осуществляемая органами пожарного надзора имеет значение, например, при проведении проверок на объектах, сотрудниками этих органов часто выявляются многочисленные нарушения требований пожарной безопасности, которые могут привести к серьезным последствиям в будущем. Отсутствие специалистов в органах строительного надзора осложняет обеспечение пожарной безопасности объектов и приводит к недопустимым рискам.

Проблемы в обеспечении пожарной безопасности объектов строительства выявляются независимо от территориальных, экономических и промышленных особенностей субъектов Российской Федерации. Нарушения требований пожарной безопасности связаны с отсутствием или неисправностью систем эвакуации, противопожарных преград, и несоблюдением противопожарных расстояний и других требований.

Эти проблемы подтверждаются рядом крупных пожаров, которые происходили на объектах с нарушениями требований пожарной безопасности и приводили к серьезным человеческим жертвам [10]. Устранение нарушений, выявленных на этапе строительства и реконструкции объектов, имеет значение для обеспечения безопасности и предотвращения пожаров.

Пожарные службы и военные подразделения, которые принимают участие в противопожарных операциях в чрезвычайных ситуациях, сталкиваются со специфическими проблемами. Их можно разделить на логистические, операционные, технические, тактические и человеческие.

Во-первых, под логистическими проблемами подразумеваются проблемы доступности оборудования и снабжения. Пожарное оборудование, особенно специализированное, может быть недоступно в районах повышенной опасности, что затрудняет его использование в противопожарных операциях. Снабжение водой и другими средствами борьбы с пожарами осложняется особенно в условиях обстрелов и боевых действий [11].

Во-вторых, операционные проблемы включают в себя вопросы командования и контроля, и оценки ситуации. В условиях, где ведутся боевые действия, координация противопожарных операций достаточно проблематична. Быстрая и точная оценка ситуации затрудняется из-за нестабильности обстановки, обстрелов и взрывов [12].

Третья категория проблем – технические, включает в себя проблемы пожаротушения в специфических условиях и необходимость бронирования и защиты. Такие условия, как наличие оружия, боеприпасов и других быстровоспламеняющихся материалов, требуют специализированного оборудования и методов пожаротушения. Стандартные пожарные машины не разработаны для работы в чрезвычайных ситуациях, где нужна дополнительная защита от оружия и взрывов [13].

Тактические проблемы включают разведку и работу в районах повышенной опасности. Получение достоверной информации о месте пожара и его характеристиках затрудняется тем, что пожарные и подразделения МЧС могут испытывать сложности с проникновением в данные районы для проведения противопожарных операций.

Наконец, человеческие факторы включают в себя стресс, психологическую нагрузку и вопросы тренировки и подготовки. Так уровень стресса и психологическая нагрузка на пожарных и сотрудников могут значительно увеличиваться. Вдобавок пожарные и подразделения МЧС могут быть недостаточно подготовлены к работе в чрезвычайных ситуациях, которое требует специального обучения и подготовки.

Беспилотные летательные аппараты имеют потенциал обеспечить эффективный мониторинг лесных пожаров, обнаружение задымлений и проведение разведки пожарного участка. Они могут проанализировать состояние воздуха, выявить наличие вредных веществ и определить их концентрацию, что позволяет определить зоны поражения.

Ранее для мониторинга лесных пожаров в России в основном использовалась авиация. Но с развитием БПЛА появилась возможность значительно снизить риски, связанные с использованием пилотируемых бортов, и уменьшить затраты на проведение таких работ. Беспилотные летательные аппараты могут быть использованы, в том числе в ночное время, что дополнительно расширяет их функциональность.

Варианты использования БПЛА в борьбе с пожарами включают патрулирование локальных площадных или линейных объектов, использование их в качестве географически привязанных воздушных пунктов наблюдения, мониторинг пожаров с использованием инфракрасных камер в чрезвычайные периоды, проведение воздушной разведки кромки действующего пожара силами наземных и аэромобильных команд тушения, и мониторинг состояния торфяных пожаров с использованием инфракрасного диапазона [14].

Существует несколько типов БПЛА, которые применяются в противопожарной деятельности. Крупные беспилотники могут использоваться для непосредственного тушения пожаров, набирая воду из водоемов и сбрасывая ее на очаг пожара. БПЛА вертолетного или мультикоптерного форм-фактора могут быть использованы для тушения пожаров в небоскребах, например, для подъема пожарного рукава на необходимую высоту. Также для данной цели могут применяться автономные беспилотники, оснащенные бортовыми емкостями с противопожарными смесями.

Другой вариант использования БПЛА в противопожарной деятельности заключается в их применении для «обстрела» пожара огнегасящими «бомбами». Они способны сбрасывать специальные бомбы на очаги возгорания, что помогает снизить интенсивность пламени и выиграть время для пожарных бригад.

Ряд компаний и организаций, как в России, так и в других странах, активно занимаются разработкой и производством беспилотных летательных аппаратов для противопожарной деятельности. Например, в Испании началось серийное производство беспилотных самолетов Flyox Mark I и Flyox Mark II [15], предназначенных для тушения пожаров. В Китае разрабатываются различные модели пожарных БПЛА, такие как Ehang, Guofei General Aviation Equipment Manufacturing, QilingUAV, Henan Predator Firefighting Technology и другие [16]. Компания DJI заключила соглашение с Пожарной службой Лос-Анджелеса о разработке специализированных аппаратов и инструментов для сотрудников служб спасения [17].

Современные беспилотные летательные аппараты для противопожарной деятельности обладают различными характеристиками и возможностями. Они могут оснащаться инфракрасными сенсорами для обнаружения очагов возгорания, и иметь специальные емкости с огнегасящими веществами. Некоторые модели дронов могут быть интегрированы с пожарной техникой и другими средствами спасения, повышая их эффективность.

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в противопожарных операциях представляет собой новое и перспективное направление, которое активно разрабатывается и тестируется в различных странах. Существует несколько подходов к использованию БПЛА в противопожарных операциях, включая контролируемый встречный пал, тушение пожаров в труднодоступных местах и использование специальных огнетушащих веществ.

Один из примеров применения БПЛА в противопожарных операциях - разработанный в США пожарный дрон, который осуществляет контролируемый встречный пал. Данный дрон выпускает в несгоревшие области контрольной зоны шарики, наполненные гликолем. Химическая реакция внутри шариков приводит к их воспламенению, и они служат барьером для распространения основного пожара.

Еще одним примером может послужить разработка латвийской компании Aerones, которая создала БПЛА с 28 моторами, способным подниматься на высоту до 300 метров. Он дрон подсоединяется к пожарному рукаву и способен тушить огонь даже в труднодоступных местах. Но существуют сомнения относительно достоверности заявленных характеристик данного БПЛА, так как его грузоподъемность недостаточна для эффективного тушения пожара на значительной высоте [18].

В рамках разработок авиакорпорации Lockheed Martin был создан беспилотный пожарный вертолет K-MAX. Он работает в паре с другим дроном Stalker XE, который обнаруживает место возгорания и передает координаты K-MAX [19]. Затем K-MAX самостоятельно набирает воду и тушит пожар с воздуха, позволяя эффективно реагировать на возгорания и ограничить их распространение.

Китайские службы используют пожарные дроны с устройством подачи порошка для тушения пожара. Они могут эффективно ликвидировать небольшие очаги возгорания, если они не успели распространиться.

В России разработан беспилотный летательный аппарат «Ворон-700», который оснащен специальными устройствами, такими как противопожарные «бомбы» и оборудование для порошкового тушения. БПЛА имеет некоторые схожие характеристики с китайским дроном, но обладает большей грузоподъемностью, что позволяет эффективно тушить небольшие возгорания в труднодоступных местах [20].

В конструкторском бюро Маслова был разработан перспективный российский противопожарный вертолет Rumas 10F [21]. Он оснащен струйной системой пожаротушения и пневматической баллистической системой для метания порошковых зарядов в помещения. Данный вертолет эффективно борется с возгораниями и тушит пожары в зданиях.

Практическое применение БПЛА в реальных ситуациях тушения пожаров демонстрирует их потенциал и эффективность – эти устройства могут быть адаптированы для выполнения широкого спектра задач, включая обнаружение и мониторинг пожаров, создание противопожарных полос, прямое тушение пожаров и многое другое. Представленная ниже Таблица 2 описывает некоторые примеры использования БПЛА в реальных ситуациях тушения пожаров, которые иллюстрируют различные способы БПЛА для борьбы с пожарами, и показывают, как технологии БПЛА используются для повышения эффективности и безопасности операций по тушению пожаров.

Таблица 2 - Примеры использования БПЛА в реальных ситуациях

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.5.2>

Название БПЛА	Ситуации применения	Особенности
WILD HOPPER	Тушение лесных пожаров	Грузоподъемность 600 литров, преодоление ограничений электрических дронов.
БПЛА для сбрасывания "огненных шаров"	Лесные пожары в Калифорнии и других районах Запада	Использование для сбрасывания "огненных шаров" для создания противопожарных полос.
FVR-90	Мониторинг пожаров	Размах крыльев 14 футов, скорость до 80 узлов, время полета 8 часов, детальный и реальный вид на пожар с высоты.

Применение беспилотных летательных аппаратов для поддержки управления противопожарными действиями в чрезвычайных ситуациях актуально на сегодня, наш анализ литературы позволяет выделить как преимущества, так и недостатки данного использования.

### Заключение

Исходя из изученных источников, можно констатировать, что БПЛА обладают рядом преимуществ в поддержке противопожарных операций. Во-первых, беспилотные аппараты обеспечивают возможность получения обширной информации о пожарных очагах и их распространении из воздуха, позволяя оперативную возможность реагировать на возгорания, определять их масштабы и направлять усилия на их тушение.

Во-вторых, использование БПЛА позволяет снизить риск для пожарных бригад и спасателей. Они могут осуществлять разведку и мониторинг с позиции безопасности, минимизируя потенциальные риски для людей.

Третье преимущество – повышение эффективности противопожарных операций. БПЛА могут применять различные методы тушения пожаров, включая сброс огнетушащих веществ и метание снарядов с порошком на очаги возгорания – более точно и эффективно бороться с огнем, ускоряя процесс его тушения.

Гибкость и мобильность БПЛА являются еще одним преимуществом. Они способны быстро перемещаться по воздуху и оперативно перенастраиваться на различные пожарные очаги, включая труднодоступные места. БПЛА обеспечивают поддержку в противопожарных операциях на различных участках.

Рассмотрим недостатки применения БПЛА для поддержки управления противопожарными действиями в чрезвычайных ситуациях.

Во-первых, плохая погода, включая сильный ветер, дождь или туман, что значительно ограничивает возможности использования БПЛА в противопожарных операциях, снижая их эффективность и надежность.

Во-вторых, для эффективного применения БПЛА в чрезвычайных ситуациях требуется хорошая координация и совместная работа с другими подразделениями, включая пожарные бригады, командование и спасательные службы, требуя дополнительных усилий, ресурсов и средств.

Третий недостаток заключается в подверженности беспилотников опасности: в чрезвычайных ситуациях могут произойти их повреждение или уничтожение, что снижает их эффективность в борьбе с пожарами. К тому же, из-за ограниченной грузоподъемности и запаса энергии у беспилотных летательных аппаратов есть проблемы с транспортировкой значительных объемов огнетушащих средств и продолжительной работой на пожаре. Так, применение беспилотных летательных аппаратов для поддержки управления противопожарными действиями в чрезвычайных ситуациях обладает как преимуществами, так и недостатками.

Для эффективности противопожарных операций с применением беспилотных летательных аппаратов прежде всего, нужно внедрить четкие процедуры и стандарты, которые обеспечат безопасное и результативное использование БПЛА. Стандартизация технических характеристик, методов управления и запуска БПЛА, методов сбора и передачи данных – основные элементы в данном процессе. Другим немаловажным вопросом становится обучение и подготовка персонала, отвечающего за управление и эксплуатацию БПЛА, техническое обучение и подготовка к работе в стрессовых ситуациях.

Нужно учитывать также интеграцию БПЛА с существующими системами управления и координации противопожарных действий, которая обеспечит гладкое взаимодействие между различными подразделениями и эффективное использование ресурсов; то есть разработка четких протоколов коммуникации между БПЛА, оперативным персоналом и командованием должны быть тщательно продуманы.

Постоянный мониторинг и анализ рисков, связанных с использованием БПЛА в противопожарных операциях, в том числе разработка мер по минимизации рисков, которые могут возникнуть в процессе использования БПЛА. Далее, поощрение инновационного развития технологий БПЛА, исследование новых возможностей их применения в противопожарных операциях, адаптация лучших практик и технологических решений.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

1. Заворотный А.Г. Гражданская оборона в СССР и России: история и современность / А.Г. Заворотный, А.Н. Калайдов, С.В. Заворотная // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2012. — № 3. — С. 15-25.
2. О федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы: Постановление Правительства РФ от 20.06.2005 N 385 (ред. от 25.04.2019).
3. Федотов С.Б. Борьба с пожарами как задача гражданской обороны / С.Б. Федотов // Педагогические достижения – 2017: Сборник материалов, научных и образовательных концепций. — Красноярск: Научно-инновационный центр, 2017. — С. 154-155.
4. Калайдов А.Н. Организация тушения пожаров при военных конфликтах / А.Н. Калайдов, А.Г. Заворотный // Пожары и ЧС. — 2018. — №1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-tusheniya-pozharov-pri-voennyh-konfliktah> (дата обращения: 18.07.2023).
5. Allison R.S. Airborne Optical and Thermal Remote Sensing for Wildfire Detection and Monitoring / R.S. Allison, J.M. Johnston, G. Craig [et al.] // Sensors (Basel). — 2016. — 16(8). — 1310. — DOI: 10.3390/s16081310.
6. Kim S.Y. Forest Fire Smoke Detection Based on Deep Learning Approaches and Unmanned Aerial Vehicle Images / S.Y. Kim, A. Muminov // Sensors (Basel). — 2023. — 23(12). — 5702. — DOI: 10.3390/s23125702.
7. МЧС России Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Борьба с пожарами, возникшими при ведении военных действий или вследствие этих действий. — URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/grazhdanskaya-oborona/planirovanie-meropriyatiy-go/borba-s-pozharami> (дата обращения: 16.07.2023).
8. Репин С.В. О проблемах в обеспечении пожарной безопасности объектов возникших в результате изменений организации нормативно-технической работы в МЧС России / С.В. Репин, М.О. Берестевич // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2019. — №10.
9. Тербнев В.В. Промышленные здания и сооружения / В.В. Тербнев, Н.С. Артемьев, Д.А. Корольченко и др. // Противопожарная защита и тушение пожаров. — М.: Познайка, 2006. — Кн. 2. — 412 с.
10. Калайдов А.Н. Направления совершенствования гражданской обороны в Российской Федерации / А.Н. Калайдов, А.В. Круглов, А.А. Окулов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2015. — № 4. — С. 37-42.

11. Civera M. Non-Destructive Techniques for the Condition and Structural Health Monitoring of Wind Turbines: A Literature Review of the Last 20 Years / M. Civera, C. Surace // *Sensors*. — 2022. — № 22(4). — P. 1627. — DOI: 10.3390/s22041627.
12. Шимон Н.С. Проблемы и перспективы использования беспилотных летательных аппаратов при прогнозировании и предупреждении ЧС в Воронежской области / Н.С. Шимон // *Пожарная безопасность: проблемы и перспективы*. — 2019. — № 10.
13. Chanel C.P.C. Towards Mixed-Initiative Human-Robot Interaction: Assessment of Discriminative Physiological and Behavioral Features for Performance Prediction / C.P.C. Chanel, R.N. Roy, F. Dehais et al. // *Sensors*. — 2020. — No. 20(1). — P. 296. — DOI: 10.3390/s20010296.
14. Бойко А. Пожарные и беспилотники / А. Бойко. — URL: <http://robotrends.ru/robotpedia/pozharnye-i-besplotniki> (дата обращения: 13.07.2023).
15. Pope S. FLYOX Mark II Amphibious Drone Cleared for Flight Trials in Kansas / S. Pope // *FlyingMag*. — 2018. — URL: <https://www.flyingmag.com/flyox-mark-ii-amphibious-drone-cleared-for-flight-trials-in-kansas/> (accessed: 15.07.2023).
16. Edwards D. Use of Delivery Drones for Humanitarian Operations: Analysis of Adoption Barriers among Logistics Service Providers from the Technology Acceptance Model Perspective / D. Edwards, N. Subramanian, A. Chaudhuri [et al.] // *Ann Oper Res*. — 2023. — DOI: 10.1007/s10479-023-05307-4.
17. McNabb M. DJI and LAFD Collaborate to Bring Drones in Firefighting Mainstream- It's Time / M. McNabb // *DroneLife*. — 2019. — URL: <https://dronelife.com/2019/04/08/dji-and-lafd-collaborate-to-bring-drones-to-firefighting-mainstream-its-time/> (accessed: 14.07.2023).
18. Public Safety Drones Update / Bard Center for the Study of the Drone. — 2018. — URL: <https://dronecenter.bard.edu/public-safety-drones-update/> (accessed: 15.07.2023).
19. K-MAX® Unmanned Aircraft System Optionally Piloted Cargo Lift Helicopter for the Warfighter / Kaman Aerospace Corporation. — URL: <https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed-martin/rms/documents/k-max/K-MAX-brochure.pdf> (accessed: 14.07.2023).
20. Каргеничев А.Ю. Технологии тушения пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов / А.Ю. Каргеничев, Е.В. Панфилова // *Пожарная безопасность: проблемы и перспективы*. — 2019. — № 10.
21. Лисаков Е.В. В Карелию привезут дроны для поиска лесных пожаров / Е.В. Лисаков. — 2015. — URL: <https://rk.karelia.ru/social/v-kareliyu-privezut-drony-dlya-poiska-lesnyh-pozharov/> (дата обращения: 16.07.2023)

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Zavorotny A.G. Grazhdanskaya oborona v SSSR i Rossii: istoriya i sovremennost' [Civil Defense in the USSR and Russia: History and Modernity] / A.G. Zavorotnyj, A.N. Kalajdov, S.V. Zavorotnaya // *Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya* [Fires and Emergencies: Prevention, Liquidation]. — 2012. — No. 3. — P. 15-25. [in Russian]
2. O federal'noj protivopozharnoj sluzhbe Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby [On the Federal Fire Service of the State Fire Service]: Decree of the Government of the Russian Federation of 20.06.2005 No. 385 (ed. of 25.04.2019). [in Russian]
3. Fedotov S. B. Bor'ba s pozharami kak zadacha grazhdanskoj oborony [Fighting Fires as a Task of Civil Defense] / S.B. Fedotov // *Pedagogicheskie dostizheniya – 2017* [Pedagogical Achievements – 2017]: Collection of materials, scientific and educational concepts. — Krasnoyarsk: Scientific and Innovation Center, 2017. — P. 154-155. [in Russian]
4. Kalaydov A.N. Organizaciya tusheniya pozharov pri voennyh konfliktah [Organization of Fire Extinguishing in Military Conflicts] / A.N. Kalajdov, A.G. Zavorotnyj // *Pozhary i CHS Fires and Emergencies*. — 2018. — No. 1. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-tusheniya-pozharov-pri-voennyh-konfliktah> (accessed: 07/18/2023). [in Russian]
5. Allison R.S. Airborne Optical and Thermal Remote Sensing for Wildfire Detection and Monitoring / R.S. Allison, J.M. Johnston, G. Craig [et al.] // *Sensors (Basel)*. — 2016. — 16(8). — 1310. — DOI: 10.3390/s16081310.
6. Kim S.Y. Forest Fire Smoke Detection Based on Deep Learning Approaches and Unmanned Aerial Vehicle Images / S.Y. Kim, A. Muminov // *Sensors (Basel)*. — 2023. — 23(12). — 5702. — DOI: 10.3390/s23125702.
7. MCHS Rossii Ministerstvo Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij. Bor'ba s pozharami, vznikshimi pri vedenii voennyh dejstvij ili vsledstvie etih dejstvij [EMERCOM of Russia Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters. Fighting fires that have arisen during the conduct of military operations or as a result of these actions]. — URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/grazhdanskaya-oborona/planirovanie-meropriyatij-go/borba-s-pozharami> (accessed: 07.16.2023). [in Russian]
8. Repin S. V. O problemah v obespechenii pozharnoj bezopasnosti ob'ektov vznikshih v rezul'tate izmenenij organizacii normativno-tehnicheskoy raboty v MCHS Rossii [On the Problems in Ensuring Fire Safety of Objects That Have Arisen as a Result of Changes in the Organization of Regulatory and Technical Work in the Ministry of Emergency Situations of Russia] / S.V. Repin, M.O. Berestevich // *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy* [Fire Safety: Problems and Prospects]. — 2019. — No.10. [in Russian]
9. Terebnev V.V. Promyshlennnye zdaniya i sooruzheniya [Industrial Buildings and Structures] / V.V. Terebnev, N.S. Artem'ev, D.A. Korol'chenko et al. // *Protivopozharnaya zashchita i tushenie pozharov* [Fire Protection and Fire Extinguishing]. — Moscow: Pozhnauka, 2006. — Book 2. — 412 p. [in Russian]
10. Kalaidov A. N. Napravleniya sovershenstvovaniya grazhdanskoj oborony v Rossijskoj Federacii [Directions of Improvement of Civil Defense in the Russian Federation] / A.N. Kalajdov, A.V. Kruglov, A.A. Okulov // *Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya* [Fires and Emergencies: Prevention, Elimination]. — 2015. — No. 4. — P. 37-42. [in Russian]

11. Civera M. Non-Destructive Techniques for the Condition and Structural Health Monitoring of Wind Turbines: A Literature Review of the Last 20 Years / M. Civera, C. Surace // *Sensors*. — 2022. — № 22(4). — P. 1627. — DOI: 10.3390/s22041627.
12. Shimon N.S. Problemy i perspektivy ispol'zovaniya bespilotnyh letatel'nyh apparatov pri prognozirovanii i preduprezhdenii CHS v Voronezhskoj oblasti [Problems and Prospects of Using Unmanned Aerial Vehicles in Predicting and Preventing Emergencies in the Voronezh Region] / N.S. SHimon // *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy* [Fire Safety: Problems and Prospects]. — 2019. — No. 10. [in Russian]
13. Chanel C.P.C. Towards Mixed-Initiative Human-Robot Interaction: Assessment of Discriminative Physiological and Behavioral Features for Performance Prediction / C.P.C. Chanel, R.N. Roy, F. Dehais et al. // *Sensors*. — 2020. — No. 20(1). — P. 296. — DOI: 10.3390/s20010296.
14. Boyko A. Pozharnye i bespilotniki [Firefighters and Drones] / A. Boyko. — URL: <http://robotrends.ru/robopedia/pozharnye-i-bespilotniki> (accessed: 13.07.2023). [in Russian]
15. Pope S. FLYOX Mark II Amphibious Drone Cleared for Flight Trials in Kansas / S. Pope // *FlyingMag*. — 2018. — URL: <https://www.flyingmag.com/flyox-mark-ii-amphibious-drone-cleared-for-flight-trials-in-kansas/> (accessed: 15.07.2023).
16. Edwards D. Use of Delivery Drones for Humanitarian Operations: Analysis of Adoption Barriers among Logistics Service Providers from the Technology Acceptance Model Perspective / D. Edwards, N. Subramanian, A. Chaudhuri [et al.] // *Ann Oper Res*. — 2023. — DOI: 10.1007/s10479-023-05307-4.
17. McNabb M. DJI and LAFD Collaborate to Bring Drones in Firefighting Mainstream- It's Time / M. McNabb // *DroneLife*. — 2019. — URL: <https://dronelife.com/2019/04/08/dji-and-lafd-collaborate-to-bring-drones-to-firefighting-mainstream-its-time/> (accessed: 14.07.2023).
18. Public Safety Drones Update / Bard Center for the Study of the Drone. — 2018. — URL: <https://dronecenter.bard.edu/public-safety-drones-update/> (accessed: 15.07.2023).
19. K-MAX® Unmanned Aircraft System Optionally Piloted Cargo Lift Helicopter for the Warfighter / Kaman Aerospace Corporation. — URL: <https://www.lockheedmartin.com/content/dam/lockheed-martin/rms/documents/k-max/K-MAX-brochure.pdf> (accessed: 14.07.2023).
20. Kartenichev A.Yu. Tekhnologii tusheniya pozharov s ispol'zovaniem bespilotnyh letatel'nyh apparatov [Technologies of Extinguishing Fires Using Unmanned Aerial Vehicles] / A.Yu. Kartenichev, E.V. Panfilova // *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy* [Fire Safety: Problems and Prospects]. — 2019. — No. 10. [in Russian]
21. Lisakov E.V. Kareliyu privezut drony dlya poiska lesnyh [Drones will be brought to Karelia to search for forest fires] / E.V. Lisakov. — 2015. — URL: <https://rk.karelia.ru/social/v-kareliyu-privezut-drony-dlya-poiska-lesnyh-pozharov/> (accessed: 07.16.2023). [in Russian]