

Научная статья

УДК 004.8:614.8:623.746.-519; DOI: 10.61260/1998-8990-2026-2-45-55

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ПОДДЕРЖКЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ: ПАТЕНТНЫЙ И ПУБЛИКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Смирнов Алексей Сергеевич;

✉ **Юрченко Роман Александрович.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ **ray1981@yandex.ru**

Аннотация. Выполнен патентный и публикационный анализ применения беспилотных авиационных систем в поддержке принятия решений при чрезвычайных ситуациях. Рассмотрены российские и зарубежные патентные решения, а также научные публикации, посвящённые мониторингу обстановки, выявлению опасных факторов, поисково-спасательным работам, обработке визуальных и тепловизионных данных и использованию алгоритмов интеллектуального анализа. Выделены основные направления развития беспилотных авиационных систем, их функциональные возможности и ограничения при решении задач информационного обеспечения органов управления. Показано, что наибольший практический эффект достигается при интеграции беспилотных авиационных систем в системы поддержки принятия решений, а также при развитии интегрированной интеллектуальной беспилотной авиационной системы, обеспечивающей повышение оперативности, обоснованности и адресности управленческих воздействий в условиях чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: интеллектуальные беспилотные авиационные системы; системы поддержки принятия решений; чрезвычайные ситуации; мониторинг обстановки; патентный анализ; публикационный анализ

Для цитирования: Смирнов А.С., Юрченко Р.А. Применение беспилотных авиационных систем в поддержке принятия решений при чрезвычайных ситуациях: патентный и публикационный анализ // Проблемы управления рисками в техносфере. 2026. № 2 (78). С. 45–55. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-2-45-55

Scientific article

APPLICATION OF UNMANNED AERIAL SYSTEMS IN DECISION SUPPORT DURING EMERGENCIES: PATENT AND PUBLICATION ANALYSIS

Smirnov Aleksey S.;

✉ **Yurchenko Roman A.**

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ **ray1981@yandex.ru**

Abstract. The article presents a patent and publication analysis of the use of unmanned aerial systems in decision support during emergencies. Russian and foreign patent solutions, as well as scientific publications devoted to situation monitoring, hazardous factor detection, search and rescue operations, visual and thermal imaging data processing, and intelligent data analysis algorithms, are examined. The main directions of unmanned aerial system development, their functional capabilities, and limitations in solving information support tasks for management bodies

are identified. It is shown that the greatest practical effect is achieved through the integration of unmanned aerial systems into decision support systems, as well as through the development of an integrated intelligent unmanned aerial system that ensures increased timeliness, validity, and targeting of managerial actions under emergency conditions.

Keywords: intelligent unmanned aerial systems, decision support systems, emergencies, situation monitoring, patent analysis, publication analysis

For citation: Smirnov A.S., Yurchenko R.A. Application of unmanned aerial systems in decision support during emergencies: patent and publication analysis // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2026. № 2 (78). P. 45–55. DOI: 10.61260/1998-8990-2026-2-45-55

Введение

В условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) эффективность управления определяется своевременностью получения, полнотой и интерпретируемостью информации об оперативной обстановке. В этой связи беспилотные авиационные системы (БАС) приобретают всё большее значение как средство воздушного мониторинга, выявления опасных факторов, поиска пострадавших и наблюдения за динамикой развития пожаров и других ЧС. При этом наибольший интерес для органов управления представляет не только получение данных с борта БАС, но и их преобразование в информационные продукты, пригодные для использования в системах поддержки принятия решений (СППР) [1–7].

Современные исследования и практические разработки показывают высокую эффективность БАС при решении задач визуального и тепловизионного контроля, обнаружения очагов горения и задымления, обследования труднодоступных территорий, а также при выполнении поисково-спасательных мероприятий [2, 3, 5, 8, 9–16].

Вместе с тем анализ публикаций и патентов показывает, что большинство существующих решений сосредоточено преимущественно на получении и первичной обработке данных, тогда как вопросы использования БАС именно в СППР при ЧС раскрыты значительно слабее [1–6, 17–19]. Вследствие этого сохраняется разрыв между возможностями беспилотного мониторинга и потребностями органов управления в структурированной, управленчески значимой информации.

В статье выполнен патентный и публикационный анализ применения БАС в условиях ЧС, позволяющий выявить существующие ограничения и определить основные направления развития с учётом интеграции БАС в СППР.

В соответствии с обозначенной проблематикой в статье поставлены и решены следующие задачи исследования:

1. Проанализировать отечественные и зарубежные публикации и патенты по применению БАС при ЧС.
2. Классифицировать существующие решения по направлениям и задачам применения.
3. Выделить ключевые технологические компоненты и функциональные возможности рассматриваемых БАС.
4. Установить основные ограничения использования БАС в СППР.
5. Сформулировать требования к ИБАС для информационной поддержки органов управления.
6. Предложить направления дальнейшего развития проекта интеллектуального БАС, включая расширение расчётных модулей, внедрение моделей искусственного интеллекта, отработку сценариев для объектов нефтегазового комплекса, поисково-спасательных работ и пожаров, а также экспериментальную валидацию эффективности.

Цель исследования состоит в выявлении функциональных возможностей и ограничений применения БАС в задачах поддержки принятия решений при ЧС на основе сопоставительного патентного и публикационного анализа.

Научная новизна исследования заключается в том, что применение БАС рассмотрено не только как средство мониторинга и обнаружения опасных факторов, но и как элемент СППР; на этой основе выявлен разрыв между этапами получения данных и формирования управленчески значимой информации, а также обоснованы направления развития ИБАС.

Методы исследования

Исследование выполнено на основе патентного анализа, библиографического анализа научных публикаций, классификации и сравнительного сопоставления решений по применению БАС при ЧС [1–30]. В анализ включались российские и зарубежные патенты, статьи и диссертационные исследования, содержащие сведения о назначении систем, составе полезной нагрузки, способах получения и обработки данных, а также о характере выходной информации для органов управления.

Сопоставление рассмотренных решений проводилось по следующим признакам: область применения, тип сенсорных средств, функциональные возможности, уровень обработки данных, форма представления результатов и степень их пригодности для использования в системах поддержки принятия решений. Дополнительно выполнялась систематизация решений по этапам работы СППР: сбор данных, выявление опасных признаков, аналитическая интерпретация, формирование информационного продукта для управления и интеграция в управленческий цикл.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведённый анализ показывает, что современное применение БАС при ЧС характеризуется переходом от решения отдельных задач воздушного наблюдения к более сложным функциям, связанным с обработкой данных, автоматизированным выявлением опасных признаков и информационной поддержкой органов управления [1–30]. При этом как патентный, так и публикационный массив демонстрируют устойчивый рост интереса к применению БАС в условиях высокой динамики изменения обстановки, ограниченной доступности территории и необходимости оперативного получения достоверной информации.

Наиболее разработанным направлением является использование БАС для мониторинга пожаров и ЧС. В этой группе решений БАС применяются для воздушной разведки, наблюдения за развитием очага, оценки площади и конфигурации опасной зоны, передачи видеоданных в реальном времени и получения дополнительной информации о состоянии объекта защиты [2–7, 19, 20, 22, 25–27]. Практическая значимость данного направления определяется возможностью быстрого обследования труднодоступных, протяжённых и опасных участков без непосредственного риска для личного состава. Вместе с тем в большинстве работ результат использования БАС ограничивается предоставлением оператору видеопотока, снимков или отдельных измерений, что не означает наличие полноценной СППР.

Существенный блок исследований связан с автоматизированным выявлением признаков горения, задымления и тепловых аномалий на основе методов компьютерного зрения и интеллектуального анализа изображений [5, 8, 9–13, 16]. В данных работах показана высокая эффективность нейросетевых алгоритмов при обработке данных аэрофотосъёмки и дистанционного наблюдения, особенно в задачах раннего выявления опасных признаков и повышения оперативности реагирования. Аналогичные тенденции прослеживаются и в патентных решениях, где реализуются средства раннего обнаружения пожара, идентификации дыма и автономного наблюдения за пожароопасной обстановкой [20, 22, 24–26]. Однако даже при высокой точности детекции конечный результат во многих случаях остаётся на уровне сигнала о наличии опасного признака, без дальнейшего преобразования в управленчески значимую информацию, необходимую для выбора тактики действий.

Отдельное направление составляют решения, ориентированные на поисково-спасательные работы и тепловизионную поддержку подразделений [2, 14, 15, 18, 23]. Их ценность особенно высока в условиях ограниченной видимости, сложного рельефа, ночного времени, задымления и неопределённости местонахождения пострадавших. Применение тепловизионных и комбинированных полезных нагрузок позволяет повысить вероятность обнаружения людей, локализовать зоны повышенной температуры и уточнить фактическую оперативную обстановку. Вместе с тем и здесь основное внимание сосредоточено на расширении возможностей наблюдения, тогда как формализация результатов обследования в виде стандартных предупреждений, приоритетов реагирования и рекомендаций для руководителя ликвидации ЧС представлена ограниченно.

Значимый массив публикаций посвящён применению БАС для контроля объектов нефтегазового комплекса, трубопроводной инфраструктуры и иных территориально распределённых объектов [1, 4, 6, 7, 18, 19, 27, 28]. В данных исследованиях БАС используются для визуального и тепловизионного обследования, диагностики состояния оборудования, выявления деформаций, контроля технологических нарушений и анализа потенциально опасных сценариев. Тем не менее даже в этом сегменте интеграция результатов в СППР чаще всего остаётся неполной и сводится к передаче данных оператору или внешней информационной системе.

Дополнительный интерес представляет аграрный сектор, в котором БАС широко применяются для мониторинга больших площадей, дистанционной оценки состояния объектов, построения карт, выявления неоднородностей и принятия решений по результатам оперативной обработки изображений [29, 30]. Хотя данные исследования не относятся напрямую к пожарно-спасательной деятельности, они имеют важное методическое значение. Именно в аграрной сфере хорошо отработаны подходы к обработке пространственно распределённых данных, маршрутизации облёта, автоматизированной интерпретации результатов и формированию прикладных рекомендаций. Это позволяет рассматривать аграрный сегмент как смежную область, в которой уже апробированы технологические решения, потенциально переносимые в задачи мониторинга природных пожаров, обследования зон ЧС и поддержки решений при работе на больших территориях.

Таким образом, результаты анализа (представлены в табл. 1) позволяют выделить несколько устойчивых направлений применения БАС: мониторинг пожаров и ЧС, автоматизированное обнаружение опасных факторов, поисково-спасательные работы, контроль объектов критической и нефтегазовой инфраструктуры, а также смежные мониторинговые применения в аграрном секторе [1–30]. При всём разнообразии решений их общая особенность состоит в том, что наибольшая проработанность характерна для этапов получения данных и первичной аналитической обработки, тогда как этапы интерпретации, выработки рекомендаций и включения результатов в СППР раскрыты слабо.

Патентный анализ подтверждает ту же тенденцию. Российские и зарубежные патенты охватывают задачи обнаружения и тушения пожаров, раннего выявления дыма, мониторинга лесных пожаров, поисково-спасательных операций и автономного применения беспилотных платформ [17–28]. Однако в большинстве случаев патентуемые решения ориентированы на реализацию отдельной функции: наблюдение, доставка полезной нагрузки, определение контролируемого параметра, выявление признака или локальное сопровождение объекта. В меньшей степени патенты ориентированы на представление результата в форме, непосредственно пригодной для руководителя ликвидации ЧС, дежурно-диспетчерской службы или иного органа управления.

Таблица 1

**Направления применения БАС и типовые результаты
(по публикациям и патентам)**

Класс задач	Типовые данные/ сенсоры	Типовые методы	Типовой результат	Примеры источников
Мониторинг пожаров/ ЧС (контур воздушного мониторинга)	RGB/ИК, телеметрия	полётное ИО, диспетчеризация	видеопоток/трек/ карта	[2, 4, 6, 7]
Обнаружение огня/дыма (CV/ИИ)	RGB/ДЗЗ/ИК	CNN/ YOLO/детекторы	метка «огонь/дым» + координаты	[5, 8–13, 16]
Тепловизионная поддержка ПСР	ИК-камера	интерпретация температурных полей	выявление горячих зон/путей	[2, 14]
Мониторинг трубопроводов/ инфраструктуры	фото/видео, геодезия	CV-дефекты, геодезический анализ	дефект/ деформация/ аномалия	[2, 6]
Нефтегаз/ аварийное прогнозирование	данные объекта и цифровые модели	цифровой двойник/ прогноз	сценарии аварий/ оценка последствий	[2]
Газовые утечки/ измерения	газоанализаторы/ лазерные анализаторы/метан	оценка утечки/ локализация/ маршрутное обследование	концентрация / источник утечки / зона аномалии	[2, 6, 20]
Применение БАС в аграрном секторе и мониторинге больших территорий	RGB/ мультиспектральные/ ИК/геопривязка	ортофотопланирование/ классификация/ индексный анализ/ картографирование	карта неоднородностей/ тематический слой/ зональная оценка/ прикладные рекомендации	[29, 30]

В совокупности это позволяет сделать вывод о наличии устойчивого прикладного разрыва между развитием беспилотного мониторинга и развитием СППР при ЧС [1–6, 17, 19]. Современные БАС уже обеспечивают высокий уровень оперативного наблюдения и автоматизированного обнаружения, однако значительно реже формируют события, предупреждения, прогнозные оценки, картографические слои риска и иные управленческие продукты, необходимые для обоснованного выбора действий. Следовательно, дальнейшее развитие данной области должно быть связано не только с совершенствованием летательных платформ и сенсорики, но и с интеграцией БАС в СППР, включающий веб-платформу, модули интеллектуальной обработки и средства формирования рекомендаций для органов управления.

В табл. 2 представлен анализ этапов работы СППР в рассматриваемых направлениях применения БАС [1–30].

Таблица 2

Этапы работы СППР в рассмотренных направлениях применения БАС (по [1–30])

Направление / источники	Сбор данных (сенсоры/полёт)	Детекция/ измерение	Интерпретация (оценка/риск/сценарий)	Информационный продукт для управления (событие / предупреждение / карточка действий)	Интеграция в контур управления (РЛЧ/ЦУКС), регламент/ трассируемость
Мониторинг пожаров/ЧС, ИО и управление полётами [3, 4, 6, 7]	●	●	●	нет	●
CV/ИИ: детекция огня/дыма по аэрофотосъёмке/ ДЗЗ [5, 8, 9–13, 16]	●	●	●	нет	нет
Тепловизионная поддержка ПСР [2, 14]	●	●	●	нет	нет
Трубопроводы/ инфраструктура: дефекты/ деформации [2, 6]	●	●	●	нет	нет
Нефтегаз: прогнозирование/цифровые модели + риск-аспекты [2]	●	нет	●	●	●
Газ/метан: утечки и измерительные миссии БАС [2, 6]	●	●	●	нет	нет
Интеграция/устойчивость/безопасность/интерфейсы (DT, комплаенс, кибер, AR, CI) [4, 6, 25]	●	нет	●	●	●
Аграрный сектор: мониторинг больших территорий и картографирование [29, 30]	●	●	●	●	нет
Патенты: обнаружение/тушение/дым/ПСР [17–28]	●	●	●	●	нет

Примечание: ● – явно описаны входы/выходы/метрики/процедуры; ● – упоминается, но без процедур/метрик; «нет» – не является фокусом источников; ИО – информационное обеспечение; CV – компьютерное зрение; ИИ – искусственный интеллект; аэро – аэрофотосъёмка/аэросъёмка; ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли; ПСР – поисково-спасательные работы; DT – digital twin, цифровой двойник; AR – augmented reality, дополненная реальность; CI – critical infrastructure, критическая инфраструктура; комплаенс – соответствие нормативным и организационным требованиям; кибер – кибербезопасность

Таблица 2 показывает, что большинство решений концентрируются на уровнях «сбор данных/ детекция», тогда как уровни «информационный продукт для управления» и «интеграция в контур управления РЛЧ/ ЦУКС» закрываются фрагментарно, что и обосновывает необходимость интегрированной ИБАС (БАС + веб-платформа + ИИ). Во многих случаях выходные данные не доводятся до формы, непосредственно пригодной для органов управления: предупреждений, прогнозных оценок, карт рисков и рекомендаций по действиям. Это указывает на сохраняющийся разрыв между этапами получения данных и их использованием в управленческом процессе [1–6].

Дополнительный интерес представляет аграрный сектор, где БАС эффективно применяются для мониторинга больших территорий, автоматизированной интерпретации данных и формирования прикладных выводов [29, 30]. Такой опыт имеет методическое значение для задач ЧС, поскольку подтверждает перспективность перехода от простого наблюдения к аналитической поддержке решений.

Следовательно, дальнейшее развитие БАС при ЧС должно быть связано не только с совершенствованием платформ и сенсорики, но и с их интеграцией в интеллектуальные системы, обеспечивающие обработку данных, оценку обстановки и формирование рекомендаций для органов управления. Именно такой подход представляется наиболее перспективным для развития проекта интеллектуального БАС.

Сопоставительный анализ патентных и публикационных источников позволил установить, что существующие решения на основе БАС преимущественно замыкаются на этапах сбора данных и выявления отдельных опасных признаков, тогда как этапы аналитической интерпретации и формирования информационных продуктов для органов управления реализуются фрагментарно. Тем самым обоснована необходимость перехода от изолированного применения БАС как средства наблюдения к построению интегрированного решения, обеспечивающего не только мониторинг, но и поддержку принятия решений в рамках СППР при ЧС.

Заключение

В результате проведённого исследования проанализированы отечественные и зарубежные публикации и патенты, посвящённые применению беспилотных авиационных систем при чрезвычайных ситуациях [1–30]. Выполнена классификация существующих решений по основным направлениям применения, включая мониторинг пожаров и ЧС, выявление признаков горения и задымления, поисково-спасательные работы, контроль объектов инфраструктуры, нефтегазовый сегмент и мониторинг больших территорий [1–30].

Установлено, что ключевыми технологическими компонентами рассматриваемых решений выступают бортовые оптико-электронные и тепловизионные средства наблюдения, газоаналитические средства, навигационно-телеметрические подсистемы, алгоритмы обработки изображений и цифровые средства представления результатов [2–16, 29, 30]. Показано, что наибольшая проработанность характерна для этапов сбора данных и выявления опасных признаков, тогда как этапы аналитической интерпретации, формирования информационных продуктов для управления и интеграции результатов в системы поддержки принятия решений остаются недостаточно развитыми [1–6, 17–19].

На этой основе сформулирован вывод о наличии прикладного разрыва между возможностями БАС как средства мониторинга и требованиями органов управления к информационной поддержке принятия решений при ликвидации пожаров и чрезвычайных ситуаций [1–6, 9–15, 17–19]. Практически значимым направлением дальнейшего развития является построение ИБАС, объединяющей БАС, веб-платформу, интеллектуальные модули обработки данных и средства формирования рекомендаций. Перспективы развития проекта интеллектуального БАС связаны с расширением расчётных модулей, внедрением моделей искусственного интеллекта, отработкой типовых сценариев применения и экспериментальной валидацией эффективности [1–6].

Список источников

1. Денисов А.Н. Методы, модели и алгоритмы поддержки управления пожарно-спасательными подразделениями при тушении пожаров: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2018. 406 с.
2. Давиденко А.С. Методика использования беспилотных авиационных систем при анализе крупных пожаров на объектах нефтегазового комплекса: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2024. 127 с.
3. Матвеев А.В., Матиев Р.Т. Принятие решений при пожарах в горной местности: сравнительный анализ методов мониторинга // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2023. № 2 (42). С. 76–90. DOI: 10.37468/2307-1400-2023-2-76-90
4. Применение и развитие беспилотной авиации МЧС России // МЧС России. 2025.

5. Обоснование аналитического аппарата для автоматизации процедур обнаружения лесных пожаров / Д.В. Васильева [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2024. № 1. С. 44–54. DOI: 10.61260/2218-13X-2024-1-44-54
6. Система информационного обеспечения и управления полётами воздушных судов при мониторинге чрезвычайных ситуаций и пожаров / А.Н. Коротоношко [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2020. № 1 (87). С. 51–66. DOI: 10.25257/TTS.2020.1.87.51-66
7. Бубнов А.Г., Сараев И.В., Семенов А.Д. Аспекты надёжности и выбора беспилотных летательных аппаратов для предупреждения и мониторинга пожаров в условиях пониженных температур // Современные проблемы гражданской защиты. 2025. № 1 (54). С. 12–21.
8. Калиев Д.И., Швеиц О.Я. Свёрточные нейронные сети для решения задач обнаружения пожаров по данным аэрофотосъёмки // Программные системы: теория и приложения. 2022. Т. 13. № 1 (52). С. 195–213. DOI: 10.25209/2079-3316-2022-13-1-195-213
9. Fire-Net: Rapid Recognition of Forest Fires in UAV Remote Sensing Imagery Using Embedded Devices / S. Li [et al.] // Remote Sensing. 2024. Vol. 16. Art. 2846. DOI: 10.3390/rs16152846
10. Active Fire Detection in Landsat-8 Imagery: A Large-Scale Dataset and a Deep-Learning Study / G.H.A. Pereira [et al.] // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2021. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2021.06.002
11. Moumgiakmas S.S., Samatas G.G., Papakostas G.A. Computer Vision for Fire Detection on UAVs – From Software to Hardware // Future Internet. 2021. Vol. 13. Art. 200. DOI: 10.3390/fi13080200
12. Mukhiddinov M., Abdusalomov A., Cho J. A Wildfire Smoke Detection System Using Unmanned Aerial Vehicle Images Based on the Optimized YOLOv5 // Sensors. 2022. Vol. 22. Art. 9384. DOI: 10.3390/s22239384
13. An Improved Wildfire Smoke Detection Based on YOLOv8 and UAV Images / S.N. Saydirasulovich [et al.] // Sensors. 2023. Vol. 23. Art. 8374. DOI: 10.3390/s23208374
14. Zawistowski M., Car M., Kłoczewiak T. The Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Equipped with a Thermal Imaging Camera in the Activities of the Fire Service in Poland. Suggested Parameters and Settings // Safety & Fire Technology. 2024. Vol. 63. Iss. 1. P. 44–56. DOI: 10.12845/sft.63.1.2024.4
15. Leveraging Augmented Reality for Improved Situational Awareness During UAV-Driven Search and Rescue Missions / R. Nalamothu [et al.] // arXiv. 2024. arXiv:2402.01421.
16. Yuan C. Automatic Fire Detection Using Computer Vision Techniques for UAV-Based Forest Fire Surveillance: PhD thesis. Concordia University, 2017.
17. Способ технического контроля и диагностирования бортовых систем беспилотного летательного аппарата с поддержкой принятия решений и комплекс контрольно-проверочной аппаратуры с интеллектуальной системой поддержки принятия решений для его осуществления: пат. 2557771 Рос. Федерация, МПК G05B 23/00; № 2014107871/08; заявл. 28.02.2014; опубл. 27.07.2015, Бюл. № 21.
18. Unmanned aerial vehicle search and rescue systems and methods: patent US12417710B2. Publ. 16.09.2025.
19. Emergency incident detection, response, and mitigation using autonomous drones: patent US20230045828A1. Publ. 16.02.2023.
20. Способ обнаружения и тушения пожаров и система для его осуществления: пат. 2826399 Рос. Федерация, МПК A62C 3/02; B64D 1/16; № 2022125068; заявл. 23.09.2022; опубл. 09.09.2024, Бюл. № 9.
21. Способ обеспечения пилотирования БПЛА в общем воздушном пространстве: пат. 2847508 Рос. Федерация, МПК G08G 5/00; G05D 1/24; G08G 5/21; G08G 5/26; № 2024110249; заявл. 16.04.2024; опубл. 06.10.2025, Бюл. № 28.

22. Система раннего обнаружения и определения типа лесного пожара: пат. 2617138 Рос. Федерация, МПК G08B 17/00; G08B 25/10; G01V 1/00; G08B 13/16: № 2016108916; заявл. 11.03.2016; опубл. 21.04.2017, Бюл. № 12.
23. Способ проведения поисково-спасательных работ: пат. 2694528 Рос. Федерация, МПК A62B 99/00 № 2018139491; заявл. 07.11.2018; опубл. 16.07.2019, Бюл. № 20.
24. Система на основе лидара с компьютерным управлением для идентификации дыма, в частности для выявления лесного пожара на ранней стадии: пат. 2293998 Рос. Федерация, МПК G01S 17/95; G01S 7/48; G08B 17/10: № 2003135610/09; заявл. 31.05.2002; опубл. 20.02.2007, Бюл. № 5.
25. A fire detection system using a drone: patent WO2017137393A1. Publ. 17.08.2017.
26. Wildfire surveillance UAV and fire surveillance system: patent US11250262B2. Publ. 15.02.2022.
27. Wildfire arrest and prevention system: patent CA2813831A1. Publ. 24.01.2014.
28. Tethered unmanned aerial vehicle fire fighting system: patent US20170043872A1. Publ. 16.02.2017.
29. Игайкина И.И., Даськин И.Н. Анализ эффективности беспилотных летательных аппаратов для мониторинга пожаров сельхозугодий // Сельский механизатор. 2023. № 1–2. С. 5–7.
30. Adoption of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery in Agricultural Management: A Systematic Literature Review / Md.A. Istiak [et al.] // Ecological Informatics. 2023. Vol. 78. Art. 102305. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2023.102305

References

1. Denisov A.N. Metody, modeli i algoritmy podderzhki upravleniya pozharo-spasatel'nymi podrazdeleniyami pri tushenii pozharov: dis. ... d-ra tekhn. nauk. M., 2018. 406 s.
2. Davidenko A.S. Metodika ispol'zovaniya bespilotnyh aviacionnyh system pri analize krupnyh pozharov na ob'ekтах neftegazovogo kompleksa: dis. ... kand. tekhn. nauk. SPb., 2024. 127 s.
3. Matveev A.V., Matiev R.T. Prinyatie reshenij pri pozharah v gornoj mestnosti: sravnitel'nyj analiz metodov monitoringa // Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2023. № 2 (42). S. 76–90. DOI: 10.37468/2307-1400-2023-2-76-90
4. Primenenie i razvitie bespilotnoj aviatsii MCHS Rossii // MCHS Rossii. 2025.
5. Obosnovanie analiticheskogo apparata dlya avtomatizatsii procedur obnaruzheniya lesnyh pozharov / D.V. Vasil'eva [i dr.] // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta GPS MCHS Rossii. 2024. № 1. S. 44–54. DOI: 10.61260/2218-13X-2024-1-44-54
6. Sistema informacionnogo obespecheniya i upravleniya polyotami vozdushnyh sudov pri monitoringe chrezvychajnyh situacij i pozharov / A.N. Korotonoshko [i dr.] // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti. 2020. № 1 (87). S. 51–66. DOI: 10.25257/TTS.2020.1.87.51-66
7. Bubnov A.G., Saraev I.V., Semenov A.D. Aspekty nadyozhnosti i vybora bespilotnyh letatel'nyh apparatov dlya preduprezhdeniya i monitoringa pozharov v usloviyah ponizhennyh temperatur // Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity. 2025. № 1 (54). S. 12–21.
8. Kaliev D.I., Shvec O.Ya. Svyortochnye nejronnye seti dlya resheniya zadach obnaruzheniya pozharov po dannym aerofotos"yomki // Programmnye sistemy: teoriya i prilozheniya. 2022. T. 13. № 1 (52). S. 195–213. DOI: 10.25209/2079-3316-2022-13-1-195-213
9. Fire-Net: Rapid Recognition of Forest Fires in UAV Remote Sensing Imagery Using Embedded Devices / S. Li [et al.] // Remote Sensing. 2024. Vol. 16. Art. 2846. DOI: 10.3390/rs16152846
10. Active Fire Detection in Landsat-8 Imagery: A Large-Scale Dataset and a Deep-Learning Study / G.H.A. Pereira [et al.] // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2021. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2021.06.002

11. Moumgiakmas S.S., Samatas G.G., Papakostas G.A. Computer Vision for Fire Detection on UAVs – From Software to Hardware // *Future Internet*. 2021. Vol. 13. Art. 200. DOI: 10.3390/fi13080200
12. Mukhiddinov M., Abdusalomov A., Cho J. A Wildfire Smoke Detection System Using Unmanned Aerial Vehicle Images Based on the Optimized YOLOv5 // *Sensors*. 2022. Vol. 22. Art. 9384. DOI: 10.3390/s22239384
13. An Improved Wildfire Smoke Detection Based on YOLOv8 and UAV Images / S.N. Saydirasulovich [et al.] // *Sensors*. 2023. Vol. 23. Art. 8374. DOI: 10.3390/s23208374
14. Zawistowski M., Car M., Kłoczewiak T. The Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Equipped with a Thermal Imaging Camera in the Activities of the Fire Service in Poland. Suggested Parameters and Settings // *Safety & Fire Technology*. 2024. Vol. 63. Iss. 1. P. 44–56. DOI: 10.12845/sft.63.1.2024.4
15. Leveraging Augmented Reality for Improved Situational Awareness During UAV-Driven Search and Rescue Missions / R. Nalamothu [et al.] // *arXiv*. 2024. arXiv:2402.01421.
16. Yuan C. Automatic Fire Detection Using Computer Vision Techniques for UAV-Based Forest Fire Surveillance: PhD thesis. Concordia University, 2017.
17. Способ технического контроля и диагностирования бортовых систем беспилотного летательного аппарата с поддержкой принятия решений и комплекс контрольно-проверочной аппаратуры с интеллектуальной системой поддержки принятия решений для его осущестствления: пат. 2557771 Рос. Федерация, МПК G05B 23/00; № 2014107871/08; заявл. 28.02.2014; опubl. 27.07.2015, *Byul.* № 21.
18. Unmanned aerial vehicle search and rescue systems and methods: patent US12417710B2. Publ. 16.09.2025.
19. Emergency incident detection, response, and mitigation using autonomous drones: patent US20230045828A1. Publ. 16.02.2023.
20. Способ обнаружения и тушения пожаров и система для его осущестствления: пат. 2826399 Рос. Федерация, МПК A62C 3/02; B64D 1/16; № 2022125068; заявл. 23.09.2022; опubl. 09.09.2024, *Byul.* № 9.
21. Способ обеспечения пилотирования BPLA в общем воздушном пространстве: пат. 2847508 Рос. Федерация, МПК G08G 5/00; G05D 1/24; G08G 5/21; G08G 5/26; № 2024110249; заявл. 16.04.2024; опubl. 06.10.2025, *Byul.* № 28.
22. Система раннего обнаружения и определения типа лесного пожара: пат. 2617138 Рос. Федерация, МПК G08B 17/00; G08B 25/10; G01V 1/00; G08B 13/16; № 2016108916; заявл. 11.03.2016; опubl. 21.04.2017, *Byul.* № 12.
23. Способ проведения поисково-спасательных работ: пат. 2694528 Рос. Федерация, МПК A62B 99/00 № 2018139491; заявл. 07.11.2018; опubl. 16.07.2019, *Byul.* № 20.
24. Система на основе лидара с компьютерным управлением для идентификации дыма, в частности для выявления лесного пожара на ранней стадии: пат. 2293998 Рос. Федерация, МПК G01S 17/95; G01S 7/48; G08B 17/10; № 2003135610/09; заявл. 31.05.2002; опubl. 20.02.2007, *Byul.* № 5.
25. A fire detection system using a drone: patent WO2017137393A1. Publ. 17.08.2017.
26. Wildfire surveillance UAV and fire surveillance system: patent US11250262B2. Publ. 15.02.2022.
27. Wildfire arrest and prevention system: patent CA2813831A1. Publ. 24.01.2014.
28. Tethered unmanned aerial vehicle fire fighting system: patent US20170043872A1. Publ. 16.02.2017.
29. Igajkina I.I., Das'kin I.N. Analiz effektivnosti bespilotnykh letatel'nykh apparatov dlya monitoringa požarov sel'hozugodij // *Sel'skij mekhanizator*. 2023. № 1–2. S. 5–7.
30. Adoption of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery in Agricultural Management: A Systematic Literature Review / Md.A. Istiak [et al.] // *Ecological Informatics*. 2023. Vol. 78. Art. 102305. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2023.102305

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 03.04.2026; одобрена после рецензирования: 24.04.2026;
принята к публикации: 20.05.2026

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 03.04.2026; approved after review: 24.04.2026;
accepted for publication: 20.05.2026

Информация об авторах:

Смирнов Алексей Сергеевич, первый заместитель начальника Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, профессор, e-mail: sas@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1661-9089>, SPIN-код: 1677-1402

Юрченко Роман Александрович, старший преподаватель кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ray1981@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0355-3295>, SPIN-код: 6210-8733

Information about the authors:

Smirnov Alexey S., first deputy head of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, professor, e-mail: sas@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1661-9089>, SPIN: 1677-1402

Yurchenko Roman A., senior lecturer of department of firefighting and emergency rescue operations of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: ray1981@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0355-3295>, SPIN: 6210-8733