

Научная статья

УДК 614.843; DOI: 10.61260/1998-8990-2025-4-201-214

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

✉ Османов Шамиль Абубакарович;

Клюй Владимир Владимирович.

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

Козлова Ирина Викторовна.

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Москва, Россия

✉ sh.osmanov@igps.ru

Аннотация. В рамках исследования проведен сравнительный анализ беспилотных авиационных систем отечественного производства для обнаружения и мониторинга лесных пожаров. Отмечено, что на текущий момент рынок отечественных производителей активно развивается, и российские образцы не уступают зарубежным аналогам.

Предметом исследования выступают беспилотные летательные аппараты самолетного типа отечественного производства, а именно: «SIGMA», «Патруль-30», «Горизонт-Аэро», «Скат», «Груша», «Supercam S-250», «InnoVtol-3s», «Zala 421-04M», «Орлан-10».

Методологическая база исследования включает критический анализ указанных моделей. В ходе исследования детально рассмотрена каждая модель и выделены наилучшие из них по критериям дальности полёта, максимального времени полёта, массы, габаритов, полезной нагрузки, дальности связи и стоимости. Также учтены отличительные особенности каждого образца.

Полученные данные свидетельствуют о существенном потенциале использования беспилотных авиационных систем отечественного производства для обнаружения и мониторинга лесных пожаров. При этом наилучшую эффективность показывают модели самолетного типа.

Ключевые слова: анализ, сравнительный анализ, беспилотные летательные аппараты, беспилотный летательный аппарат, беспилотных авиационных систем, отечественное производство, мониторинг, обнаружение, лесные пожары

Для цитирования: Османов Ш.А., Клюй В.В., Козлова И.В. Сравнительный анализ беспилотных авиационных систем отечественного производства для обнаружения и мониторинга лесных пожаров // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 4 (76). С. 201–214. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-4-201-214.

Scientific article

A COMPARATIVE ANALYSIS OF DOMESTICALLY PRODUCED UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS FOR FOREST FIRE DETECTION AND MONITORING

✉ Osmanov Shamil A.;

Klyu Vladimir V.

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

Kozlova Irina V.

Academy of the State fire service of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

✉ sh.osmanov@igps.ru

Abstract. The study conducted a comparative analysis of domestically produced unmanned aerial systems for detecting and monitoring forest fires. It was noted that the domestic market is currently actively developing, and Russian models are comparable to their foreign counterparts.

The study focused on domestically produced aircraft-type unmanned aerial vehicles, namely: SIGMA, Patrol-30, Gorizont-Aero, Skat, Grusha, Supercam S-250, InnoVtol-3s, Zala 421-04M and Orlan-10.

The study's methodology included a critical analysis of these models. Each model was examined in detail, and the best were identified based on flight range, maximum flight time, weight, dimensions, payload, communication range, and cost. The distinctive features of each model were also considered. The data obtained demonstrate the significant potential of using domestically produced unmanned aerial systems for detecting and monitoring forest fires. Aircraft-based models demonstrate the greatest effectiveness.

Keywords: analysis, comparative analysis, unmanned aerial vehicles, unmanned aerial vehicle, unmanned aerial systems, domestic production, monitoring, detection, forest fires

For citation: Osmanov Sh.A., Klyu V.V., Kozlova I.V. A comparative analysis of domestically produced unmanned aircraft systems for forest fire detection and monitoring // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2025. № 4 (76). P. 201–214. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-4-201-214.

Введение

Ежегодно на практически всей территории Российской Федерации в весенне-летний период возникают тысячи лесных пожаров (ЛП) (рис. 1) [1], вызванные различными причинами. В свою очередь, они наносят большой материальный ущерб, поскольку огонь уничтожает большие территории (рис. 2) [1]. Задача их мониторинга является ключевым аспектом в обеспечении безопасности населенных пунктов и иных важных объектов. Кроме того, данные мониторинга являются основой для прогнозирования развития ЛП и проведения комплекса превентивных мероприятий.

Из анализа рис. 1, 2 следует, что количество ЛП на территории Российской Федерации остаётся на высоком уровне (более 10 000 в год), а площадь, пройденная огнем, возрастает в течение последних трех лет, что требует разработки и внедрения новых научно-методических и технических средств для раннего обнаружения и мониторинга ЛП.

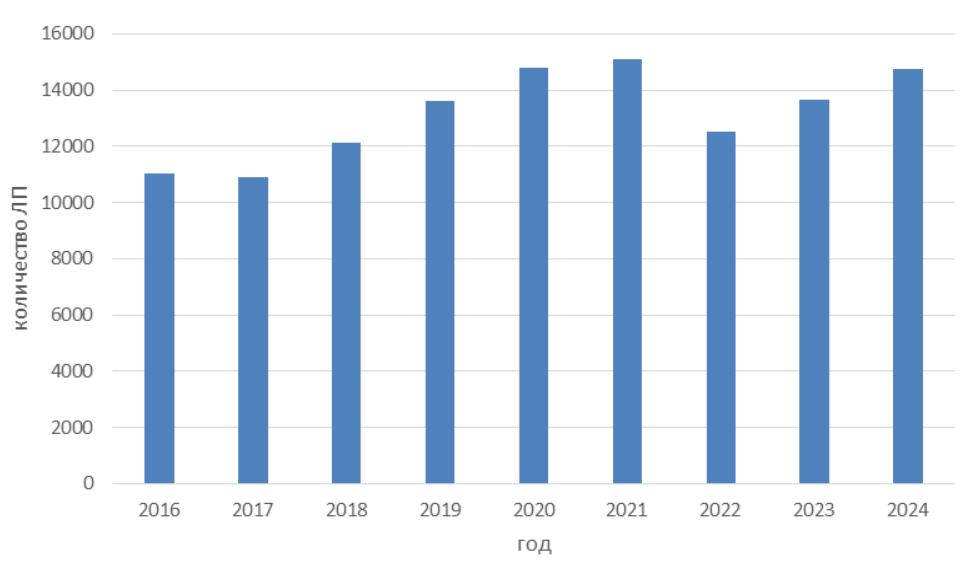


Рис. 1. Количество лесных пожаров в Российской Федерации за 2016-2024 г.

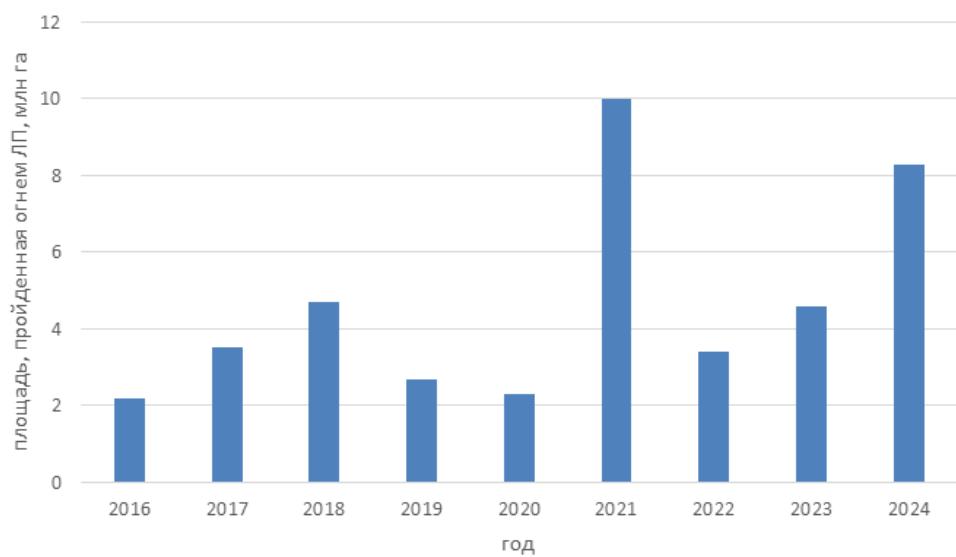


Рис. 2. Площадь, пройденная огнём ЛП

Географические и природно-климатические особенности территории Российской Федерации не позволяют в полной мере исключить возникновение ЛП. К примеру, на территории республики Саха (Якутия) ежегодно возникает тысячи ЛП. В связи с этим возникает потребность в наличии и постоянном совершенствовании системы мониторинга и прогнозирования ЛП. Следует отметить, что на текущий момент такая система в МЧС России создана и успешно функционирует. Также на текущий момент мониторинг пожароопасной обстановки осуществляется с помощью систем космического мониторинга. Для этого в оперативно-дежурной смене центра управления в кризисных ситуациях по субъектам Российской Федерации используется геоинформационная система (ГИС) «Каскад», информационная система дистанционного мониторинга ЛП Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) и мобильное приложение «Термические точки». Вся полученная информация аккумулируется в информационной системе «Атлас опасностей и рисков». Однако информация, полученная с таких систем (особенно с ГИС «Каскад»), передается в приемные

центры не в реальном режиме времени, а с задержкой в несколько часов. В связи с чем данная информация теряет свойство оперативности. Наземный и авиационный мониторинг ЛП связан с большими финансовыми затратами и ограничен количеством сил и средств, которые можно задействовать. Одним из возможных решений данной проблемы является применение беспилотных авиационных систем (БАС). На текущий момент на рынке представлены модели БАС, обладающие различными характеристиками и стоимостью. В последние несколько лет ввиду определённых геополитических обстоятельств БАС отечественного производства вышли на новый уровень как по качеству сборки, так и по техническому оснащению. В то время как зарубежные аналоги применять становится всё сложнее. На текущий момент в Российской Федерации более 150 организаций осуществляют свою деятельность в области разработки, производства и применения БАС. При этом большинство закупок БАС в МЧС России осуществляется для выполнения задач в области обеспечения безопасности и аварийного реагирования (рис. 3) [1]. Для развития данной области в России также реализуется Национальная технологическая инициатива, которая позволит к 2035 г. добиться глобального технологического лидерства и применять БАС в различных областях [2].

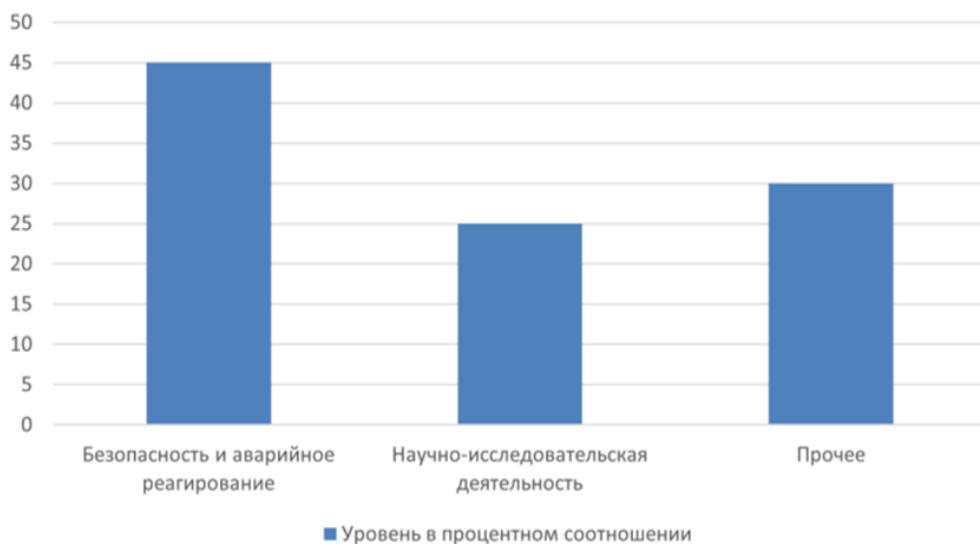


Рис. 3. Распределения закупок БАС за последние 5 лет

Выбор конкретной модели достаточно сложная задача, требующая применения методов критического анализа. В связи с чем целью статьи является повышение эффективности обнаружения и мониторинга ЛП за счёт выбора и применения оптимального БАС. Одним из аспектов достижения цели является проведение сравнительного анализа моделей отечественного производства и выбора оптимальной из них для решения задач МЧС России. Практическая значимость полученных результатов заключается в оптимизации применяемых БАС при решении задач обнаружения и мониторинга ЛП, повышении эффективности данного процесса и, как следствие, снижении ущерба от пожаров.

На текущий момент существует 4 типа БАС, представленных на рис. 4 [2]. В МЧС России применяются все типы БАС, однако наибольшую эффективность для решения задач обнаружения и мониторинга ЛП имеют аппараты самолётного типа.

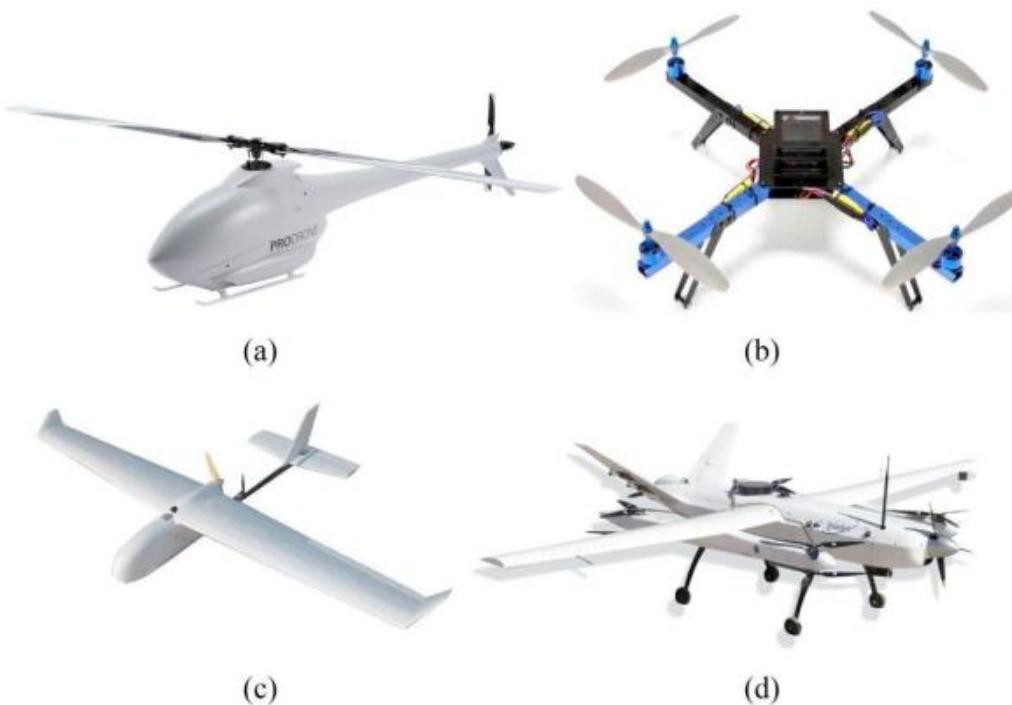


Рис. 4. Типы БАС:
а – вертолетного типа; б – мультироторного типа;
с – самолетного типа; д – комбинированного типа

Применение БАС при обнаружении и мониторинге ЛП позволяет выполнять следующие задачи, стоящие перед МЧС России:

- оперативное детектирование очагов возгорания на ранних стадиях;
- мониторинг возникновения ЛП;
- рекогносцировка территории;
- таксономическая идентификация и оптимизация ресурсов;
- геоинформационное моделирование территорий;
- метеорологический мониторинг и оценка динамики распространения ЛП;
- оперативный контроль и анализ эффективности сил и средств Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС).

По результатам проведенного анализа научных исследований было выявлено, что вопросам применения БАС для обнаружения и мониторинга ЛП посвящен обширный ряд трудов. В частности, рассмотрены вопросы возможности применения БАС для обнаружения ЛП [2, 3], выделены лучшие типы авиационных систем [4], оценена их эффективность [5] и исследована возможность автоматического мониторинга ЛП [6, 7]. Также рассмотрены аспекты построения систем раннего обнаружения ЛП с применением БАС [8, 9]. При этом отдельное внимание уделяется вопросам обработки полученных изображений [1, 10].

Анализ исследований зарубежных авторов показал, что применение БАС для обнаружения и мониторинга ЛП является повседневной практикой [11, 12] и на протяжении нескольких лет такой подход показывает высокую эффективность [13, 14]. Большинство работ посвящено вопросам точности обнаружения пожаров на получаемых изображениях [15, 16]. Для этого применяются методы искусственного интеллекта [17, 18] и создаются модели нейронных сетей, позволяющих обнаруживать ЛП с высокой точностью [19, 20] в основном за счёт использования алгоритмов глубокого обучения [21, 22]. Отмечается, что наибольшую эффективность показывают БАС самолетного типа [23, 24], позволяющие выполнять полёт в течение нескольких часов [25] и размещать на них дополнительное оборудование [26].

По результатам проведённого анализа научных исследований были сделаны следующие выводы:

- применение БАС для обнаружения и мониторинга ЛП является перспективным направлением и показало свою высокую эффективность;
- наиболее предпочтительны для решения задач мониторинга ЛП БАС самолётного типа;
- на текущий момент не проведён сравнительный анализ БАС отечественного производства для обнаружения и мониторинга ЛП, в связи с чем материалы статьи являются исключительно актуальными.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов исследования были использованы публикации как из отечественных (E-library), так и зарубежных (Google Scholar) баз данных научных исследований. В качестве методов исследования на данном этапе был использован критический анализ научных публикаций.

При поиске публикаций были выделены следующие критерии отбора:

- тип публикации: статья в журнале или диссертация;
- год публикации: не позднее 2020 г. (включительно);
- статья должна быть в открытом доступе (доступна для прочтения).

Далее был осуществлен поиск по выделенным критериям с использованием следующих ключевых слов и словосочетаний: сравнительный анализ БАС; использование БАС для обнаружения и мониторинга ЛП; анализ БАС отечественного производства. Следует отметить, что в E-library была использована функция нейропоиска (поиска с применением методов искусственного интеллекта) исследований с целью более обширного охвата. Отобранные по описанному алгоритму исследования были проанализированы и выделены наиболее перспективные и представляющие ценность в рамках данной статьи. Поскольку ранее было выявлено, что наибольшую эффективность для решения задач обнаружения и мониторинга ЛП показывают БАС самолётного типа, то были рассмотрены модели данного класса.

Для проведения сравнительного анализа БАС отечественного производства для обнаружения и мониторинга ЛП в качестве материалов исследования была использована нормативно-техническая документация БАС, в том числе их технические паспорта и отчёты об эксплуатации. Вся информация была получена из официальных источников и находится в открытом доступе. В качестве методов исследования был использован системный подход в совокупности с критическим анализом.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время наблюдается тенденция увеличения количества возгораний и территорий, подверженных риску возникновения пожара. В данном аспекте БАС являются ключевым элементом в решении задач раннего обнаружения очагов возгорания и дальнейшего мониторинга обстановки. На текущий момент БАС отечественного производства способны решать практически весь комплекс задач, стоящих перед МЧС России в данной области.

Эффективность применения БАС зависит от множества параметров. На некоторые из них повлиять невозможно (к примеру, погодные условия). Однако при выборе конкретной модели необходимо учитывать её технические характеристики, эксплуатационные показатели (с учётом климатических условий) и экономическую эффективность использования БАС.

В ходе исследования было выделено 9 БАС отечественного производства и проведена их сравнительная характеристика и выделены отличительные особенности:

1. БАС «SIGMA». Обладает возможностью вертикального взлета, высокой манёвренностью и может быть применён для работы в сложных условиях. Для запуска не требует наличия специально подготовленной площадки. Имеет возможность полёта в автоматическом режиме (по заранее заданному маршруту). Корпус изготовлен из углепластика, что позволяет увеличить время полезной эксплуатации.

2. БАС «Патруль-30». Имеет возможность размещения дополнительного оборудования широкого спектра. Создан для осуществления патрулирования необходимой территории. Оснащён специализированным программным обеспечением для выполнения задач мониторинг лесопожарной обстановки. Обладает большими габаритами, по сравнению с другими моделями, что затрудняет его транспортировку.

3. БАС «Горизонт-Аэро». Специализирован на аэрофотосъёмке с геопривязкой полученных снимков. Обладает наивысшей точностью позиционирования. Может оснащаться дополнительным мониторинговым оборудованием массой до 10 кг. Имеет возможность вертикального взлета и посадки. Чувствителен к погодным условиям.

4. БАС «Скат». Имеет возможность подъёма на высоту до 15 км. Адаптирован к суровым природно-климатическим особенностям и менее подвержен воздействию сильного ветра и обильных осадков. Имеет возможность парашютной посадки.

5. БАС «Груша». Имеет самую низкую стоимость, за счёт чего является достаточно распространённым БАС в России. Способен выполнять различные задачи, однако не имеет возможности вертикального спуска и подъёма.

6. БАС «Supercam S-250». Имеет гибридное аэродинамическое устройство и совмещает преимущества самолётного и вертолётного типов БАС. Позволяет осуществлять вертикальный взлёт даже с неподготовленной площадки и в условиях ограниченного пространства. Способен зависать с автоматическим переключением в режим БАС вертолетного типа.

7. БАС «InnoVtol-3s». Предназначен для мониторинга больших территорий в автоматическом режиме с возможностью наземной корректировки. Позволяет устанавливать любое дополнительное оборудование без каких-либо доработок.

8. БАС «Zala 421-04M». Для запуска не требует специально взлетно-посадочной полосы, однако не имеет возможности вертикального взлета и подъема. На текущий момент стоит на вооружении более 10 министерств и ведомств России. Доказал свою эффективность для обнаружения и мониторинга лесных пожаров.

9. БАС «Орлан-10». Имеет самое продолжительное время полета. Входит в состав различных систем управления и является одним из самых крупногабаритных БАС самолётного типа в России. Стоит на вооружении МЧС России и ежегодно применяется для мониторинга лесопожарной и паводковой обстановки.

Основными и наиболее важными характеристиками БАС при решении задач по обнаружению и мониторингу ЛП является дальность полёта, максимальное время полёта и его стоимость. Именно эти характеристики также были проанализированы в рамках статьи. При этом затраты на эксплуатацию БАС в течение года не рассматривались, поскольку они сводятся к зарядке аккумуляторных батарей, а необходимый ремонт осуществляется по гарантии. Также следует учитывать, что дальность полёта зависит от: скорости полета и запаса электроэнергии аккумуляторных батареи, условий эксплуатации БАС, погодных условий и ряда других параметров. В связи с чем при проведении анализа были использованы официальные данные с сайтов-производителей. В результате проведения сравнительного анализа БАС отечественного производства для обнаружения и мониторинга лесных пожаров были получены результаты, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики БАС самолётного типа отечественного производства

п/п	Модель	Дальность полёта, км	Максимальное время полёта, ч	Максимальная скорость, км/ч	Стоимость БАС, руб.	Особенности
1	«SIGMA»	до 500	до 6	до 120	от 12 000 000	Возможность вертикального взлёта
2	«Патруль-30»	до 430	до 5	до 110	от 8 500 000	Обладает возможностью контролирования состояния леса
3	«Горизонт-Аэро»	до 400	до 5	до 130	от 7 200 000	Осуществляет геопривязку изображений
4	«Скат»	до 90	до 3	до 100	от 5 500 000	Наличие нейровычислителя
5	«Груша»	до 10	до 2	до 70	от 2 400 000	Малый размер и вес (2,4 кг)
6	«Supercam S-250»	до 300	до 5	до 110	от 4 200 000	Высокая точность позиционирования
7	«InnoVtol-3s»	до 350	до 4	до 90	от 9 500 000	Встроенная нейросеть, позволяющая обнаруживать ЛП на скорости 80 км/ч
8	«Zala 421-04M»	до 200	до 4	до 65	от 3 800 000	Возможность установки дополнительного оборудования различного спектра
9	«Орлан-10»	до 500	до 10	до 150	от 10 500 000	Самый массовый БАС в Российской Федерации

По результатам проведённого анализа было выявлено, что БАС, обладающий наибольшей дальностью полёта, является «Орлан-10», а минимальной – «Груша». Самой дорогостоящей моделью является «SIGMA», но при этом она обладает и большей дальностью полёта (500 км). Такой же дальностью обладает и «Орлан-10». Самым бюджетным вариантом является «Груша», но её дальность полёта ограничена (10 км).

Практическое применение рассмотренных БАС в реальных условиях может быть затруднено отсутствием специальной площадки для запуска, большими транспортировочными габаритами и массой (сложной логистикой) и малой полезной нагрузкой (невозможностью размещения дополнительного оборудования). Поэтому был проведён сравнительный анализ по данным параметрам с целью выделить оптимальные варианты с точки зрения удобства практического применения. Полученные результаты представлены в табл. 2. Следует уточнить, что дальность связи – это параметр, характеризующий возможность передачи фото-/видеоизображений и звуковых сигналов в реальном режиме времени. В то время как дальность полёта (табл. 1) показывает потенциальную возможность полёта БАС по заданному маршруту в автономном режиме и просмотра полученных данных после его возвращения на место запуска.

Таблица 2

Сравнительный анализ характеристик БАС по массе, габаритам, полезной нагрузке и дальности связи

п/п	Модель	Масса, кг	Габариты (ширина), м	Максимальная полезная нагрузка, кг	Дальность связи, км
1	«SIGMA»	30	3	50	до 200
2	«Патруль-30»	18	3,1	4	до 150
3	«Горизонт-Аэро»	25	3,5	30	до 100
4	«Скат»	20	2,8	3	до 200
5	«Груша»	5	1,2	1	до 50
6	«Supercam S-250»	9,5	2,5	1,5	до 90
7	«InnoVtol-3s»	28	3	5	до 40
8	«Zala 421-04M»	5,5	1,2	1	до 50
9	«Орлан-10»	18	3,1	6	до 120

Из данных, полученных в табл. 2, следует, что максимальной полезной нагрузкой и дальностью связи обладает БАС «SIGMA», однако он имеет самую большую массу. Наиболее компактными вариантами являются БАС «Груша» и «Zala 421-04M», но максимальная полезная нагрузка для таких БАС ограничивается массой 1 кг, а дальность связи – расстоянием 50 км.

Следует отметить, что применение БАС достаточно сильно зависит от погодных условий и ряда внешних факторов, а именно:

- при сильном ветре увеличивается нагрузка, необходимая для стабилизации БАС, и, как следствие, быстрее разряжается аккумуляторная батарея, что приводит к кратному уменьшению времени полёта;
- при наличии осадков возможен выход из строя механизмов БАС из-за попадания влаги;
- при ухудшении погодных условий сокращается дальность связи с БАС, вплоть до потери сигнала;
- при высокой температуре окружающей среды происходит перегрев основных узлов БАС, который приводит к их поломке и выходу из строя;
- при наличии электрифицированных линий возникают помехи с передачей сигнала, и дальность связи уменьшается;
- при пролёте в запретной зоне существенно возрастает вероятность потери сигнала с БАС или подмены координат его местоположения;
- при низкой температуре (ниже 20 °C) происходит уменьшение емкости аккумуляторов, и время полёта сокращается;
- при неправильной подготовке к запуску возможен выход из строя узлов и агрегатов БАС.

Полностью исключить и спрогнозировать влияние внешних факторов на работу БАС невозможно. Поэтому, основываясь на ряде исследований [3, 5, 8, 9], были выявлены ключевые аспекты, определяющие безопасность применения БАС при решении задач обнаружения и мониторинга ЛП. На их основе составлен перечень наиболее опасных режимов полёта:

- применение БАС на близких к максимальным дальностям полёта на небольшой высоте;
- прокладывание маршрута БАС с огибанием рельефа местности на минимальной высоте;
- применение БАС на близких к максимальным дальностям полёта на небольшой высоте с огибанием рельефа местности;
- полёт на низких высотах над открытым пламенем;
- полёт на низких высотах со сложным рельефом местности и высокими деревьями и иными конструкциями.

Для полного предотвращения аварий БАС или минимизации вероятности их возникновения необходимо:

- осуществлять резервирование основных элементов контура управления (компенсировать системы навигации, определяющие местоположение БАС);
- разработать систему автоматического прекращения полёта при превышении ограничений, связанных с использованием БАС;
- оснащать БАС системой парашютно-реактивной системой посадки при выходе из строя основного двигателя или разрядке аккумулятора;
- учитывать негативное влияние внешних обстоятельств и человеческого фактора при проведении инженерно-штурманского расчёта дальности и продолжительности полёта БАС;
- принимать во внимание факторы, влияющие на безопасность полёта при огибании БАС рельефа местности или высоких сооружений.

Выбор конкретной модели БАС должен осуществляться с учётом особенностей региона, его площади и природно-климатических особенностей [27]. Также необходимо учитывать специфику выполняемых задач в области обнаружения и мониторинга ЛП и иные

параметры, влияющие на эффективность применения БАС. Вопросам транспортной логистики (к месту запуска БАС) стоит уделять особое внимание, поскольку размах крыльев БАС может достигать 3 м и для перевозки аппарата потребуется специальный автомобиль.

Выводы

Своевременное обнаружение и мониторинг ЛП является важной задачей, возложенной на МЧС России. Большие территории и ежегодные ЛП, возникающие на территории Российской Федерации, не позволяют в полной мере осуществлять своевременное обнаружение очагов возгорания. Применяемые системы космического мониторинга передают данные с задержкой в несколько часов и не позволяют охватить все лесные массивы. Одним из перспективных решений в данном направлении является применение БАС самолётного типа для решения задач обнаружения и мониторинга ЛП. Однако большое количество предлагаемых моделей на рынке затрудняет выбор оптимальной модели. В связи с этим проведён сравнительный анализ БАС отечественного производства, а именно: «SIGMA», «Патруль-30», «Горизонт-Аэро», «Скат», «Груша», «Supercam S-250», «InnoVtol-3s», «Zala 421-04M», «Орлан-10».

По результатам проведенного исследования были получены следующие выводы:

- применение БАС для обнаружения и мониторинга ЛП является перспективным направлением и показало свою высокую эффективность;
- наиболее предпочтительны для решения задач мониторинга ЛП БАС самолётного типа;
- на текущий момент не проведён сравнительный анализ БАС отечественного производства для обнаружения и мониторинга ЛП;
- БАС отечественного производства по своим функциональным характеристикам не уступают зарубежным аналогам;
 - БАС, обладающий наибольшей дальностью полёта, – «Орлан-10», а минимальной дальностью – «Груша»;
 - самой дорогостоящей моделью является «SIGMA», но при этом она обладает и большей дальностью полёта (500 км.);
 - самым бюджетным вариантом является «Груша», но она имеет малую дальность полёта (10 км.);
 - наиболее компактными вариантами являются БАС «Груша» и «Zala 421-04M», но максимальная полезная нагрузка для таких БАС ограничивается массой 1 кг, а дальность связи – расстоянием 50 км.

Практическое применение и транспортировка рассмотренных БАС в реальных условиях также требует учёта их габаритов, массы и полезной нагрузки, так как зачастую возникает необходимость размещения дополнительного оборудования для выполнения специализированных задач. В рамках направлений дальнейших исследований также предлагается проработка возможности интеграции фото- и видеоматериалов, полученных с БАС, в информационные системы Центра управления в кризисных ситуациях, а именно в «Озеро данных». Это позволит быстрее получать информацию с места пожара и корректировать работу сил и средств РСЧС, что в конечном итоге минимизирует величину нанесённого материального и социального ущерба. Применение БАС для обнаружения и мониторинга ЛП в России находится на стадии развития, в связи с чем существует ряд направлений по технологическим, методологическим и организационным инновациям. В рамках технологического аспекта необходимо продолжить работу в области: интеграции мультиспектральных камер; создания более чувствительных детекторов тепла и дыма; разработки и интеграции газоанализаторов; совершенствования систем инфракрасного сканирования; увеличения времени полёта без подзарядки; оптимизации алгоритмов энергосбережения; интеграции методов искусственного интеллекта для интеллектуального распознавания очагов возгорания и обработки полученных данных, а также прогнозирования распространения пожара. В рамках реализации методологических инноваций необходимо:

разработка научно-методических средств построения оптимального маршрута патрулирования лесных массивов; совершенствование методов обработки информации, полученной с БАС; разработка системы раннего предупреждения о возникновении ЛП; интеграция со службами экстренного реагирования и создание единой информационной платформы. Организационные инновации предполагают: создание стандартов применения БАС для обнаружения и мониторинга ЛП; разработку регламентов оперативного реагирования; организацию системы подготовки специалистов для управления БАС и ежегодного прохождения курсов повышения квалификации.

Список источников

1. Асадов Х.Г., Байрамов Г.З. Вопросы создания системы раннего обнаружения лесных пожаров на базе беспилотных авиационных систем // Контроль. Диагностика. 2024. Т. 27. № 4 (310). С. 64–68. DOI: 10.14489/td.2024.04.pp.064-068. EDN SCMPEK.
2. Сысоева Т.П., Калач А.В. Перспективы развития беспилотных авиационных систем // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 3 (38). С. 111–118. DOI: 10.34987/vestnik.sibpsa.2025.41.36.010.
3. Насырова Г.Н., Насыров И.Р. Обнаружение лесных пожаров с помощью БПЛА самолетного типа // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. № 9-5 (96). С. 7–11. DOI: 10.24412/2500-1000-2024-9-5-7-11. EDN MHUYQD.
4. Типы БПЛА и возможности использования в целях мониторинга и предотвращения лесных пожаров / А.Е. Серебряков [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2021. № 4. С. 175–178. EDN LBFWSB.
5. Игайкина И.И., Даcькин И.Н. Анализ эффективности беспилотных авиационных систем для мониторинга пожаров сельхозугодий // Сельский механизатор. 2023. № 1-2. С. 5–7. DOI: 10.47336/0131-7393-2023-1-2-5-6-7. EDN RKLEFV.
6. Яковенко Т.А., Сопига В.А. Автоматический мониторинг и измерение пожаров с использованием беспилотных авиационных систем // Инновации и инвестиции. 2025. № 3. С. 529–532. EDN HOYZSU.
7. Королев Д.С., Калач А.В., Кончаков С.А. Совершенствование технических интеллектуальных систем обнаружения и мониторинга лесных пожаров // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 1 (65). С. 105–113. EDN UESSTV.
8. Веретенникова Н.С., Кислов В.И., Еременко К.Ю. Проблема своевременного обнаружения и ликвидация лесных пожаров // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. № 6. С. 56–59. DOI: 10.33619/2414-2948/67/07. EDN IHUZJP.
9. Катаев М.Ю., Карташов Е.Ю., Гейко П.П. Обнаружение лесных пожаров по изображениям, полученным с БПЛА // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2023. Т. 26. № 3. С. 72–79. DOI: 10.21293/1818-0442-2023-26-3-72-79. EDN EDMOMX.
10. Беляев А.Э., Будевич Е.А., Вычерова Н.Р. Выделение пламени и дыма на изображениях, полученных камерами БПЛА в системе раннего обнаружения лесных пожаров // Системы. Методы. Технологии. 2022. № 4 (56). С. 126–131. DOI: 10.18324/2077-5415-2022-4-126-131. EDN CPNSWY.
11. Georgiev A.G. An evaluation of fire detection methods: comparative analysis and performance assessment 16 // Proceedings of University of RUSE. 2023. Т. 62.
12. Akhloufi M.A., Couturier A., Castro N.A. Unmanned aerial vehicles for wildland fires: Sensing, perception, cooperation and assistance // Drones. 2021. Т. 5. № 1. С. 15.
13. Unmanned aerial vehicle assisted forest fire detection using deep convolutional neural network / A. Rahman [et al.] // Intell. Autom. Soft Comput. 2023. Т. 35. № 3. С. 3259–3277.
14. UAVs-FFDB: A high-resolution dataset for advancing forest fire detection and monitoring using unmanned aerial vehicles (UAVs) / M.N. Mowla [et al.] // Data in brief. 2024. Т. 55. С. 110706.

15. Unmanned aerial vehicle-based forest fire detection systems: A comprehensive review / J. Patel [et al.] // Available at SSRN 4603404. 2023.
16. Intelligent methods for forest fire detection using unmanned aerial vehicles / N. Abramov [et al.] // Fire. 2024. T. 7. № 3. C. 89.
17. Forest fire monitoring system supported by unmanned aerial vehicles and edge computing: a performance evaluation using petri nets / A. Sabino [et al.] // Cluster Computing. 2024. T. 27. № 7. C. 9735–9755.
18. The use of unmanned aerial vehicles in the detection of forest fires with a gas detection technique / M. Masat [et al.] // NanoEra. 2021. T. 1. № 1. C. 14–18.
19. Recent advances in unmanned aerial vehicle forest remote sensing – A systematic review. part I: A general framework / R. Dainelli [et al.] // Forests. 2021. T. 12. № 3. C. 327.
20. Data collection task planning of a fixed-wing unmanned aerial vehicle in forest fire monitoring / H. Zhang [et al.] // IEEE Access. 2021. T. 9. C. 109847–109864.
21. Kim S.Yu., Muminov A. Forest fire smoke detection based on deep learning approaches and unmanned aerial vehicle images // Sensors. 2023. T. 23. № 12. C. 5702.
22. Sarikaya Basturk N. Forest fire detection in aerial vehicle videos using a deep ensemble neural network model // Aircraft engineering and aerospace technology. 2023. T. 95. № 8. C. 1257–1267.
23. Potential of UAV application for forest fire detection / A. Muid [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2022. T. 2243. № 1. C. 012041.
24. Sharma A., Singh P. K. UAV based framework for effective data analysis of forest fire detection using 5G networks: An effective approach towards smart cities solutions // International Journal of Communication Systems. 2025. T. 38. № 1. C. e4826.
25. Recent advances in Unmanned Aerial Vehicles forest remote sensing– A systematic review. Part II: Research applications / R. Dainelli [et al.] // Forests. 2021. T. 12. № 4. C. 397.
26. A vision-based detection and spatial localization scheme for forest fire inspection from UAV / K. Lu [et al.] // Forests. 2022. T. 13. № 3. C. 383.
27. Использование беспилотных авиационных систем для обнаружения лесных пожаров / М.В. Полежаева [и др.] // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2024. № 1 (49). С. 67–78. EDN KKRFTC.

References

1. Asadov H.G., Bajramov G.Z. Voprosy sozdaniya sistemy rannego obnaruzheniya lesnyh pozharov na baze bespilotnyh aviacionnyh sistem // Kontrol'. Diagnostika. 2024. T. 27. № 4 (310). S. 64–68. DOI: 10.14489/td.2024.04.pp.064-068. EDN SCMPEK.
2. Sysoeva T.P., Kalach A.V. Perspektivy razvitiya bespilotnyh aviacionnyh sistem // Sibirskij pozharno-spasatel'nyj vestnik. 2025. № 3 (38). S. 111–118. DOI: 10.34987/vestnik.sibpsa.2025.41.36.010.
3. Nasirova G.N., Nasirov I.R. Obnaruzhenie lesnyh pozharov s pomoshch'yu BPLA samoletnogo tipa // Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2024. № 9-5 (96). S. 7–11. DOI: 10.24412/2500-1000-2024-9-5-7-11. EDN MHUYQD.
4. Tipy BPLA i vozmozhnosti ispol'zovaniya v celyah monitoringa i predotvratshcheniya lesnyh pozharov / A.E. Serebryakov [i dr.] // Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (politekhnicheskij vestnik). 2021. № 4. S. 175–178. EDN LBFWSB.
5. Igajkina I.I., Das'kin I.N. Analiz effektivnosti bespilotnyh aviacionnyh sistem dlya monitoringa pozharov sel'hozgodij // Sel'skij mekhanizator. 2023. № 1-2. S. 5–7. DOI: 10.47336/0131-7393-2023-1-2-5-6-7. EDN RKLEFV.
6. Yakovenko T.A., Sopiga V.A. Avtomaticheskij monitoring i izmerenie pozharov s ispol'zovaniem bespilotnyh aviacionnyh sistem // Innovacii i investicii. 2025. № 3. S. 529–532. EDN XOYZSU.

7. Korolev D.S., Kalach A.V., Konchakov S.A. Sovershenstvovanie tekhnicheskikh intellektual'nyh sistem obnaruzheniya i monitoringa lesnyh pozharov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2023. № 1 (65). S. 105–113. EDN UESSTV.
8. Veretennikova N.S., Kislov V.I., Eremenko K.Yu. Problema svoevremennogo obnaruzheniya i likvidaciya lesnyh pozharov // Byulleten' nauki i praktiki. 2021. T. 7. № 6. S. 56–59. DOI: 10.33619/2414-2948/67/07. EDN IHUZJP.
9. Kataev M.Yu., Kartashov E.Yu., Gejko P.P. Obnaruzhenie lesnyh pozharov po izobrazheniyam, poluchennym s BPLA // Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki. 2023. T. 26. № 3. S. 72–79. DOI: 10.21293/1818-0442-2023-26-3-72-79. EDN EDMOMX.
10. Belyaev A.E., Budevich E.A., Vycherova N.R. Vydenenie plameni i dyma na izobrazheniyah, poluchennyh kamerami BPLA v sisteme rannego obnaruzheniya lesnyh pozharov // Sistemy. Metody. Tekhnologii. 2022. № 4 (56). S. 126–131. DOI: 10.18324/2077-5415-2022-4-126-131. EDN CPNSWY.
11. Georgiev A.G. An evaluation of fire detection methods: comparative analysis and performance assessment 16 // Proceedings of University of RUSE. 2023. T. 62.
12. Akhloufi M.A., Couturier A., Castro N.A. Unmanned aerial vehicles for wildland fires: Sensing, perception, cooperation and assistance // Drones. 2021. T. 5. № 1. S. 15.
13. Unmanned aerial vehicle assisted forest fire detection using deep convolutional neural network / A. Rahman [et al.] // Intell. Autom. Soft Comput. 2023. T. 35. № 3. S. 3259–3277.
14. UAVs-FFDB: A high-resolution dataset for advancing forest fire detection and monitoring using unmanned aerial vehicles (UAVs) / M.N. Mowla [et al.] // Data in brief. 2024. T. 55. S. 110706.
15. Unmanned aerial vehicle-based forest fire detection systems: A comprehensive review / J. Patel [et al.] // Available at SSRN 4603404. 2023.
16. Intelligent methods for forest fire detection using unmanned aerial vehicles / N. Abramov [et al.] // Fire. 2024. T. 7. № 3. S. 89.
17. Forest fire monitoring system supported by unmanned aerial vehicles and edge computing: a performance evaluation using petri nets / A. Sabino [et al.] // Cluster Computing. 2024. T. 27. № 7. S. 9735–9755.
18. The use of unmanned aerial vehicles in the detection of forest fires with a gas detection technique / M. Masat [et al.] // NanoEra. 2021. T. 1. № 1. S. 14–18.
19. Recent advances in unmanned aerial vehicle forest remote sensing – A systematic review. part I: A general framework / R. Dainelli [et al.] // Forests. 2021. T. 12. № 3. S. 327.
20. Data collection task planning of a fixed-wing unmanned aerial vehicle in forest fire monitoring / H. Zhang [et al.] // IEEE Access. 2021. T. 9. S. 109847–109864.
21. Kim S.Yu., Muminov A. Forest fire smoke detection based on deep learning approaches and unmanned aerial vehicle images // Sensors. 2023. T. 23. № 12. S. 5702.
22. Sarikaya Basturk N. Forest fire detection in aerial vehicle videos using a deep ensemble neural network model // Aircraft engineering and aerospace technology. 2023. T. 95. № 8. S. 1257–1267.
23. Potential of UAV application for forest fire detection / A. Muid [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2022. T. 2243. № 1. S. 012041.
24. Sharma A., Singh P. K. UAV based framework for effective data analysis of forest fire detection using 5G networks: An effective approach towards smart cities solutions // International Journal of Communication Systems. 2025. T. 38. № 1. S. e4826.
25. Recent advances in Unmanned Aerial Vehicles forest remote sensing – A systematic review. Part II: Research applications / R. Dainelli [et al.] // Forests. 2021. T. 12. № 4. S. 397.
26. A vision-based detection and spatial localization scheme for forest fire inspection from UAV / K. Lu [et al.] // Forests. 2022. T. 13. № 3. S. 383.

27. Ispol'zovanie bespilotnyh aviacionnyh sistem dlya obnaruzheniya lesnyh pozharov / M.V. Polezhaeva [i dr.] // Informacionnye tekhnologii i sistemy: upravlenie, ekonomika, transport, pravo. 2024. № 1 (49). S. 67–78. EDN KKRFTC.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 16.09.2025; одобрена после рецензирования: 02.10.2025; принята к публикации: 14.11.2025

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 16.09.2025; approved after review: 02.10.2025; accepted for publication: 14.11.2025

Информация об авторах:

Османов Шамиль Абубакарович, начальник отдела планирования, организации и координации научных исследований Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: sh.osmanov@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5407-8394>, SPIN-код: 3661-1339

Клюй Валерий Владимирович, доцент кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: val-1964@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4053-7462>, SPIN-код: 2972-5083

Козлова Ирина Викторовна, заместитель начальника института развития Академии Государственной противопожарной службы МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), кандидат технических наук, SPIN-код: 6661-7728

Information about the authors:

Osmanov Shamil A., head of the department of planning, organization, and coordination of scientific research of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: sytdykov@igps.ru, <http://orcid.org/0000-0002-5407-8394>, SPIN: 3661-1339

Klyuy Vladimir V., associate professor of the department of fire fighting and emergency rescue operations of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: shilov@igps.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4053-7462>, SPIN: 2972-5083

Kozlova Irina V., deputy head of the development institute of Academy of State fire service of EMERCOM of Russia (129366, Saint-Petersburg, Moscow, Boris Galushkin Str. 4), candidate of technical sciences, SPIN: 6661-7728