

УДК 614.842:847

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ

<sup>1</sup>Р. В. ХАЛИКОВ, <sup>2</sup>В. М. КЛИМЦОВ, <sup>2</sup>А. А-Б. ГАПЛАЕВ, <sup>3</sup>Ю. Н. КОВАЛЬ, <sup>4</sup>Б. Б. ГРИНЧЕНКО

<sup>1</sup>Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,  
Российская Федерация, г. Москва

<sup>2</sup>Академия Государственной противопожарной службы МЧС России,  
Российская Федерация, г. Москва

<sup>3</sup>Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, Железногорск

<sup>4</sup>Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: vokilah@rambler.ru, wmk2911@mail.ru, 95ch.r@mail.ru,  
a\_yulya@inbox.ru, grinchenko.borya@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы эффективности применения беспилотной летательной авиации при тушении пожаров в высотных зданиях в сравнении с традиционной пожарно-спасательной техникой. Актуальность исследования обусловлена возрастающей необходимостью обеспечения пожарной безопасности высотной застройки. Целью работы является сравнительный анализ возможностей и эффективности использования беспилотной летательной авиации и классической пожарной техники для тушения пожаров на высотных объектах. В ходе исследования проведен анализ существующих методов пожаротушения, определены основные требования к беспилотным системам и традиционной технике для выполнения задач по тушению пожаров. Результаты исследования показали существенные преимущества использования беспилотных систем при тушении пожаров в высотных зданиях по сравнению с классической техникой: возможность оперативного маневрирования, меньший вес и габариты, более высокая точность подачи огнетушащих веществ. Определены основные факторы, влияющие на эффективность применения беспилотной летательной авиации, и разработаны рекомендации по их практическому использованию в комплексе с традиционной пожарной техникой. Полученные данные могут быть использованы при разработке новых методов пожаротушения и совершенствовании систем обеспечения пожарной безопасности высотных зданий с учетом комплексного применения различных технических средств.

**Ключевые слова:** пожар, беспилотные летательные системы, высотные здания, пожаротушение, моделирование, высокодисперсные системы.

## EFFECTIVENESS STUDY AND USE OF UAVS FOR FIRE EXTINGUISHMENT IN HIGH-RISE BUILDINGS HIGH-RISE BUILDINGS

<sup>1</sup>R. V. KHALIKOV, <sup>2</sup>V. M. KLIMTSOV, <sup>2</sup>A. A-B. GAPLAEV, <sup>3</sup>Y. N. KOVAL, <sup>4</sup>B. B. GRINCHENKO

<sup>1</sup>Financial University under the Government of the Russian Federation,  
Russian Federation, Moscow

<sup>2</sup>A Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education of State Firefighting Service  
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences  
of Natural Disasters

Russian Federation, Moscow

Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia,  
Russian Federation, Zheleznogorsk

E-mail: vokilah@rambler.ru, wmk2911@mail.ru, 95ch.r@mail.ru,  
a\_yulya@inbox.ru, grinchenko.borya@mail.ru

The article examines the effectiveness of using unmanned aerial vehicles in extinguishing fires in high-rise buildings compared to traditional fire and rescue equipment. The relevance of the research is due to the growing need to ensure fire safety in high-rise buildings. The aim of the work is to conduct a comparative analysis of the capabilities and effectiveness of using unmanned aerial vehicles and classical firefighting equipment for extinguishing fires in high-rise buildings.

During the research, an analysis of existing fire extinguishing methods was carried out, and the main requirements for unmanned systems and traditional equipment to perform fire extinguishing tasks were determined. The research results showed significant advantages of using unmanned systems in extinguishing fires in high-rise buildings compared to classical equipment: the ability to maneuver quickly, lighter weight and smaller dimensions, higher accuracy in delivering fire extinguishing agents. The main factors affecting the effectiveness of using unmanned aerial vehicles were identified, and recommendations for their practical use in conjunction with traditional firefighting equipment were developed. The obtained data can be used in developing new fire extinguishing methods and improving fire safety systems for high-rise buildings, taking into account the integrated use of various technical means.

**Keywords:** fire, unmanned aerial systems, high-rise buildings, fire extinguishing, modeling, highly dispersed systems

### Введение

Тушение пожаров в высотных зданиях – междисциплинарная проблема, требующая синтеза знаний в области теплофизики, механики и кризисного управления. Из-за вертикальной архитектуры и сочетания сложных коммуникационных систем, высотные здания относятся к объектам повышенного риска. Перепад температур между нижними и верхними этажами генерирует тягу, ускоряющую распространение дыма и пламени через шахты лифтов, вентиляционные и фасадные системы, пустоты в строительных конструкциях. Это приводит к стратифицированному заполнению здания токсичными продуктами сгорания, что снижает видимость и затрудняет эвакуацию [1-4]. Высокая плотность горючих материалов провоцирует появление объемных вспышек, при которых происходит одновременное воспламенение поверхностей. Данное явление может повышать температуру, что в свою очередь приводит к снижению несущей способности стальных каркасов [5].

### Анализ сложности тушения высотных зданий с использованием расчетной методики

Таким образом, объективно можно предположить, что тушение пожаров в зданиях повышенной этажности и высотных зданий является достаточно сложной задачей. Критерий

сложности тушения может включать несколько способов оценки, однако в рамках текущего исследования авторами был выбран фактор времени. Анализ открытых баз по пожарам показал, что данных недостаточно для установления зависимости времени тушения пожаров от этажности здания. Для решения данной задачи авторами предлагается использовать расчетный способ. Для проведения расчета введем следующие допущения:

1. Площадь квартир 30 м<sup>2</sup> [6], на момент установки разветвления перед входом в подъезд горение происходит по всей площади, при этом будем принимать время боевого развертывания 1 мин/этаж;

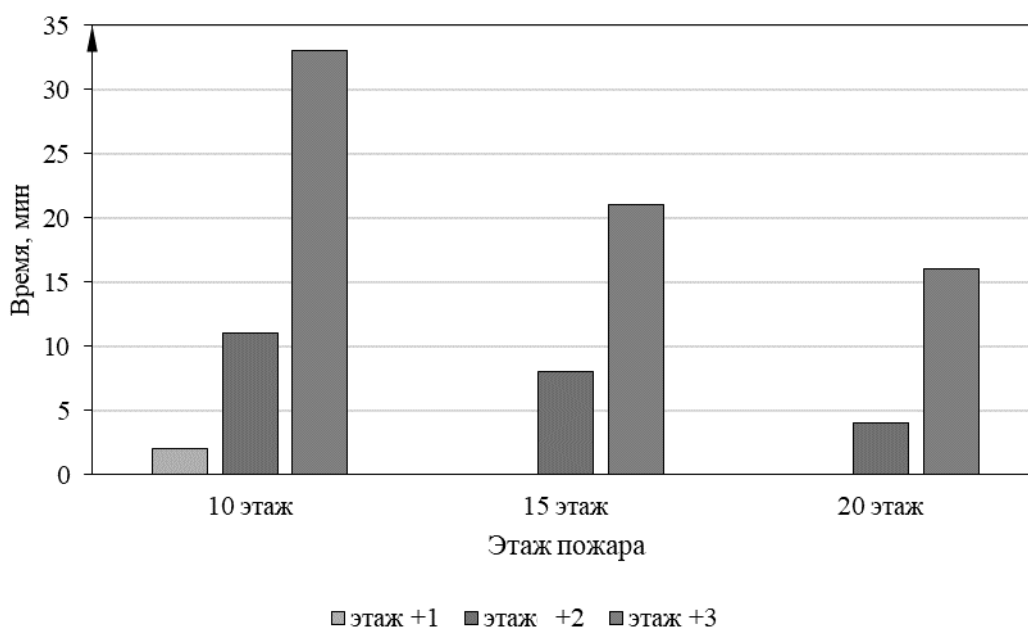
2. Линейная скорость распространения пожара 0,5 м/с [7], с учетом средней ширины квартир 5 м [6], скорость распространения пожара по площади будет составлять 2,5 м<sup>2</sup>/с, при достижении площади кратной 30 будем считать моментом загорания вышележащего этажа.

Проведем расчёты для вариантов расположения очага пожара на 10, 15 и 20 этажах, результаты сведём в таблицу 1. При этом в таблице обозначим этаж пожара X, а пожар на вышележащем и последующих этажах как: X+1, X+2, и т.д.

На основе табл. 1 составим зависимость динамики пожара от этажа расположения (рис. 1).

Таблица 1. Расчеты для вариантов расположения очага пожара

| № п/п | Этаж очага пожара (X) | Промежуток времени от начала тушения квартиры на этаже X до полного охвата пламенем квартиры на этаже X+1, мин | Промежуток времени от начала тушения квартиры на этаже X до полного охвата пламенем квартиры на этаже X+2, мин | Промежуток времени от начала тушения квартиры на этаже X до полного охвата пламенем квартиры на этаже X+3, мин |
|-------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | 10                    | 2                                                                                                              | 11                                                                                                             | 33                                                                                                             |
| 2.    | 15                    | 0                                                                                                              | 8                                                                                                              | 21                                                                                                             |
| 3.    | 20                    | 0                                                                                                              | 4                                                                                                              | 16                                                                                                             |



**Рис. 1.** Зависимость динамики пожара от этажа расположения

Проанализируем гистограмму рис. 1, при расположении очага на 10 этаже. Пожар перейдет на 11 этаж через 2 минуты, на 12 через 11 минут, на 13 через 33 минуты соответственно с момента начала тушения. Очевидно, что спустя 15 минут первое подразделение уже ликвидирует возгорание и не допустит возгорания на 13 этаже. Рассмотрим вариант расположения очага на 20 этаже, возгорание на 22 и 23 произойдет через 4 и 16 минут соответственно с момента начала тушения пожара на 20 этаже. То есть, квартира на 21 этаже уже будет полностью охвачена огнем к моменту начала тушения

на 20 этаже. В данном случае, как и в случае расположения очага на 15 этаже теоретически пожар сразу будет 3-х квартирах, поэтому для данных вариантов расположения очагов, несомненно, необходимо прибытие сил и средств по повышенному номеру вызова и применение высотной техники с возможностью подачи огнетушащих составов. Несложно произвести расчеты с учетом средней высоты этажа 2,7 метра [6], высота 15 этажа будет составлять около 40 метров. Для достижения данной высоты необходимы подъемные механизмы типа АЛ-42, АЛ-50, АЛ-52, АКП-50 и т.д. (рис. 2).



а) АЛ-52



б) АКП-50

**Рис. 2.** Образцы высотной техники

Длина некоторых образцов АЛ-52 и АКП-50 может превышать 12 м, а ширина более 2,5 м, что создает трудности при движении и маневрировании в городском транспортном потоке. Опыт практического применения

пожарных автолестниц высотой более 32 метров показал, что данные образцы техники в 90 % случаев пожаров не могут заехать во дворы по причине своих габаритов, плотной застройки и плотно припаркованных автомо-

билей. В случае въезда данной техники во дворы для установки и работы на полную высоту необходимо не менее 25 м<sup>2</sup> свободного пространства. Время разворачивания опорного контура и полного выдвижения лестницы составляет около 5–6 минут для зарубежных образцов и 7–8 минут для отечественных [8]. С учетом данных факторов время с момента прибытия на место до момента установки может превышать 25 минут. Одним из способов подачи огнетушащих веществ возможно с помощью высотной техники по сухотрубам к лафетному стволу. Однако, на подавляющем большинстве высотной техники для использования лафетного ствола необходима его предварительная установка, что тоже требует дополнительно от 2 до 4 минут, а также излишне пролитая вода способна нанести значительный материальный ущерб зданию. Кроме того, на успешную установку высотной техники влияет ветровая нагрузка (по требованиям охраны труда при скорости ветра более 10 м/с запрещается использование высотной техники). Европейские образцы техники при скорости ветра более 10 м/с блокируются и не позволяют оператору производить манипуляции. Отечественные образцы не имеют блокировки, поэтому при усилении скорости ветра более 10 м/с данная техника может опрокинуться.

Резюмируя вышеприведенный анализ можно сделать вывод, что для эффективного тушения пожаров выше 10 этажа необходимо осуществлять подачу огнетушащих веществ со стороны фасада здания для недопущения распространения пожара на вышележащие этажи здания. Однако высотная техника, которая позволяет решить данную задачу, в подавляющем большинстве случаев не может быть применена в силу объективных факторов. Таким образом необходимо решить проблему оперативной подачи огнетушащих веществ по фасаду здания на высоту более 40 метров.

#### **Способ тушения пожаров в зданиях повышенной этажности с использованием беспилотной летательной авиации**

Согласно проведенному анализу литературы [9–18], было установлено, что для тушения пожаров в зданиях повышенной этажности можно применять беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА). Для решения данной проблемы в рамках данного исследования предлагается применение БПЛА с пожарно-техническими доработками. В качестве основы для монтажа пожарно-технического оборудования предлагается применение БПЛА S-700 Cargo или аналогов (рис. 3).



**Рис. 3.** Общий вид БПЛА модели S-700 Cargo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Технические характеристики беспилотного летательного аппарата S-700 // TB-Drone: официальный сайт. URL: <https://tb-drone.ru/developments/s-700/> (дата обращения: 24.03.2025).

Модель БПЛА, представленную на рис. 3, предлагается оснастить ручным пожарным стволом с расходом не более 5 л/с и дистанционным управлением для подачи огнетушащих веществ на фасад зданий. Подача огнетушащих веществ будет осуществляться по рукавам высокого давления от мобильной пожарной техники. Дополнительно предлагается оснастить БПЛА выдвижной телескопической штангой для вскрытия остекления оконных проемов и турбинным гидроэлектрическим генератором энергии для частичного использования энергии, подаваемой огнетушащей среды, для поддержания заряда аккумулятора. Перевозка БПЛА будет осуществляться на автомобилях с грузоподъемностью до 3,5 тонн, что обеспечит маневренность движения в плотном городском трафике, а также свободный проезд во дворах. Развёртывание данного комплекса не требует специальных площадок, поэтому время развёртывания не превышает 5–10 минут. Более того сам БПЛА-комплекс не будет привязан к конкретной точке и может оперативно перемещаться вокруг объекта. По прибытии на место также возможно будет использовать БПЛА-комплексы меньшего размера для оперативной разведки и БПЛА-камикадзе с небольшим запасом огнетушащих веществ для локального тушения пожара, время развёртывания данных комплексов не будет превышать 2 минут, а значит будет вероятность того, что удастся не только локализовать возгорание, но и полностью ликвидировать его.

### Список литературы

1. Клоуз Дж. Х., Дрисколл Д. Д. Пожарная динамика: Теплофизические основы горения и распространения огня. – М.: Стройиздат, 2018. – 456 с.
2. Шалявин Д. Н., Тараканов Д. В., Гринченко Б. Б. Алгоритм информационной поддержки управления безопасностью участников тушения пожара при работе в непригодной для дыхания среде на объектах энергетики // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 3 (36). С. 53–61. EDN: FEWEUY.
3. Смирнов В. А., Петров А. Н. Моделирование стратификации дыма в высотных зданиях при пожаре // Пожарная безопасность: проблемы и решения. 2020. № 4. С. 34–47. DOI: 10.1234/5678.
4. Чен Л., Ван Х. Управление эвакуацией в высотных зданиях: методы кризисного реагирования. – СПб.: Политехника, 2019. – 320 с.

### Результаты и выводы

В текущих условиях основными преимуществами тушения высотных зданий БПЛА в сравнении с высотной техникой будут:

- уменьшение времени с момента возникновения пожара до момента подачи первого ствола не менее чем в 2 раза (величина данного показателя будет зависеть от этажности, чем выше будет высота объекта тушения, тем больше будет конкурентное преимущество БПЛА);
- возможность отслеживания динамики тушения пожара в реальное время благодаря наличию видеокамер высокой четкости в комплексе БПЛА (данное преимущество позволит оперативно оценивать обстановку на месте тушения пожара и принимать правильные решения);
- возможность управления БПЛА-комплексом искусственным интеллектом, без участия человека (при оснащении соответствующим оборудованием, возможно внедрение искусственного интеллекта в управление данным комплексом, фактически можно достичь того, что тушение пожаров данных объектов будет происходить с минимальным участием человека).

Исходя из представленного анализа можно сделать вывод, что применение БПЛА для тушения высотных зданий позволит существенно сократить время начала подачи огнетушащих веществ, что позволит локализовать и ликвидировать пожар быстрее, сохранить человеческие жизни, уменьшить прямой и косвенный ущерб от пожара.

5. ISO 16733-1:2015 Fire safety engineering – Selection of design fire scenarios and design fires. Part 1: General. Geneva: ISO, 2015. 28 p.

6. Четвериков В. М., Чурбанов Р. Р. Сравнительный статистический анализ изменения средних цен предложения жилья в административных округах г. Москвы // Вопросы статистики. 2024. Т. 31, № 5. С. 41–56. DOI: 10.34023/2313-6383-2024-31-5-41-56. EDN: STFORH.

7. Корнилов А. А., Бородин А. А. Оценка времени срабатывания максимально-дифференциального теплового пожарного извещателя с адаптивным алгоритмом анализа температуры на начальной стадии пожара твердых горючих материалов // Техносферная безопасность. 2023. № 4 (41). С. 90–104. EDN: IEXHPG.

8. Техничко-экономическая эффективность применения робототехнического комплекса многорежимного пожаротушения в ЧС / Е. В. Павлов, А. Ю. Баранник, А. В. Лагутина [и др.] // Известия ЮФУ. Технические науки. 2023. № 2 (232). С. 42–53. DOI: 10.18522/2311-3103-2023-2-42-53. EDN: KKFBR1.

9. Целесообразность применения беспилотных авиационных систем при тушении пожаров и ликвидации аварий на объектах защиты / А. А. Карапузиков, М. В. Дьяков, А. С. Горелик [и др.] // Техносферная безопасность. 2021. № 2 (31). С. 61–67.

10. Микушкин О. В., Багажков И. В. Особенности применение беспилотных летательных аппаратов при проведении аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожаров // Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 73–77.

11. Применение беспилотных летательных аппаратов при разведке труднодоступных и масштабных зон чрезвычайных ситуаций / И. М. Янников, П. М. Фомин, Т. Г. Габричидзе [и др.] // Вектор науки ТГУ. 2012. № 3 (21). С. 49–53.

12. Картеничев А. Ю., Панфилова Е. В. Технологии тушения пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2019. С. 149.

13. Буянов А. Н. Беспилотные летательные аппараты в системе обеспечения пожарной безопасности // Технологии гражданской безопасности. 2020. Т. 17. № 2. С. 42–47.

14. Bermudez L. E., Lloret J. M. Unmanned Aerial Systems for Wildfire Monitoring and Suppression: A Review. *Drones*, 2020, vol. 4, issue 4, p. 98.

15. Silva C. F. D., Oliveira P. M. L. M., Lemos J. M. Integration of UAVs in Wildland Fire-fighting Operations: A Review of Current Technologies and Future Trends. *Remote Sensing*, 2021, vol. 13, issue 12, p. 2345.

16. Korpela T., Honkavaara M., Hakala T. Fire Monitoring with Unmanned Aerial Vehicles: A Review of Sensor Technologies and Data Processing Methods. *Remote Sensing*, 2019, vol. 11, issue 19, p. 2234.

17. Wang Y., Li X., Zhang Z. Development of an Unmanned Aerial Vehicle System for Firefighting Applications. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 2020, vol. 97, pp. 453–468.

18. European Emergency Number Association (EENA). *Drones for Public Safety: A Practical Guide for First Responders*. Brussels: EENA, 2021. 128 p.

## References

1. Klouz Dzh. Kh., Driskoll D. D. *Pozharnaya dinamika: Teplofizicheskiye osnovy goreniya i rasprostraneniya ognya* [Fire Dynamics: Thermophysical Principles of Combustion and Fire Spread]. – Moscow: Stroyizdat, 2018. – 456 p.

2. Shalyavin D. N., Tarakanov D.V., Grinchenko B. B. Algoritm informatsionnoy podderzhki upravleniya bezopasnost'yu uchastnikov tusheniya pozhara pri rabote v neprigodnoy dlya dykhaniya srede na ob'yektakh energetiki [Algorithm of information support for safety management of fire extinguishing participants when working in an environment unsuitable for breathing at energy facilities]. *Sovremennyye problemy grazhdanskoy zashchity*, 2020, vol. 3 (36), pp. 53–61. EDN: FEWEUY.

3. Smirnov V. A., Petrov A. N. Modelirovaniye stratifikatsii dyma v vysotnykh zdaniyakh pri pozhare [Modeling smoke stratification in high-rise buildings during a fire]. *Pozharnaya bezopasnost': problemy i resheniya*, 2020, vol. 4., pp. 34–47. DOI: 10.1234/5678.

4. Chen L., Van Kh. *Upravleniye evakuatsiyey v vysotnykh zdaniyakh: metody kriznogo reagirovaniya* [Evacuation management in high-rise buildings: crisis response methods.]. – SPb.: Politehnika, 2019. – 320 p.

5. ISO 16733-1:2015 Fire safety engineering – Selection of design fire scenarios and design fires. Part 1: General. Geneva: ISO, 2015. 28 p.

6. Chetverikov V. M., Churbanov R. R. Sravnitel'nyy statisticheskiy analiz izmeneniya srednikh tsen predlozheniya zhil'ya v administrativnykh okrugakh g. Moskvy [Comparative statistical analysis of changes in average asking prices for housing in the administrative districts of Moscow]. *Voprosy statistiki*, 2024, issue 31, vol 5, pp. 41–56. DOI: 10.34023/2313-6383-2024-31-5-41-56. EDN: STFOPH.

7. Kornilov A. A., Borodin A. A. Otsenka vremeni srabatyvaniya maksimal'no-differentsial'nogo teplovogo pozharnogo izveshchatelya s adaptivnym algoritmom analiza temperatury na nachal'noy stadii pozhara tverdykh goryuchikh materialov [Evaluation of the response time of a maximum-differential thermal fire alarm with an adaptive algorithm for temperature analysis at the initial stage of a fire of solid combustible materials]. *Tekhnosfernaya bezopasnost'*, 2023, vol. 4 (41), pp. 90–104. EDN: IEXHPG.

8. Tekhniko-ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya robototekhnicheskogo kompleksa mnogorezhimnogo pozhartusheniya v CHS [Technical and economic efficiency of using a robotic complex for multi-mode fire extinguishing in emergency situations] / Ye. V. Pavlov, A. Yu. Barannik, A.V. Lagutina [et al.]. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskiye nauki*, 2023, vol. 2 (232), pp. 42–53. DOI: 10.18522/2311-3103-2023-2-42-53. EDN: KKFBRI.

9. Tselesoobraznost' primeneniya bespilotnykh aviatsionnykh sistem pri tushenii pozharov i likvidatsii avariyn na ob'yektakh zashchity [Feasibility of using unmanned aircraft systems in extinguishing fires and eliminating accidents at protected facilities] / A. A. Karapuzikov, M. V. D'yakov,

A. S. Gorelik [et al.]. *Tekhnosfernaya bezopasnost'*, 2021, vol 2 (31), pp. 61–67.

10. Mikushkin O. V., Bagazhkov I. V. Oso-bennosti primeneniye bespilotnykh letatel'nykh apparatov pri provedenii avariyno-spasatel'nykh rabot, svyazannykh s tusheniyem pozharov [Features of the use of unmanned aerial vehicles in emergency rescue operations related to fire extinguishing]. *Aktual'nyye voprosy pozharotusheniya: sbornik materialov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ivanovo: Ivanovskaya pozharo-spasatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii, 2019, pp. 73–77.

11. Primeneniye bespilotnykh letatel'nykh apparatov pri razvedke trudnodostupnykh i masshtabnykh zon chrezvychaynykh situatsiy [Use of unmanned aerial vehicles in reconnaissance of hard-to-reach and large-scale emergency zones] / I. M. Yannikov, P. M. Fomin, T. G. Gabrichidze [et al.]. *Vektor nauki TGU*, 2012, vol. 3 (21), pp. 49–53.

12. Kartenichev A. Yu., Panfilova Ye. V. Tekhnologii tusheniya pozharov s ispol'zovaniyem bespilotnykh letatel'nykh apparatov [Fire extinguishing technologies using unmanned aerial vehicles]. *Pozharnaya bezopasnost': problemy i perspektivy*, 2019, p. 149.

13. Buyanov A. N. Bespilotnyye letatel'nyye apparaty v sisteme obespecheniya pozharoy bezopasnosti [Unmanned aerial vehicles in the fire safety system]. *Tekhnologii grazhdanskoy bezopasnosti*, 2020, issue 17, vol 2., pp. 42–47.

14. Bermudez L. E., Lloret J. M. Unmanned Aerial Systems for Wildfire Monitoring and Suppression: A Review. *Drones*, 2020, vol. 4, issue 4, p. 98.

15. Silva C. F. D., Oliveira P. M. L. M., Lemos J. M. Integration of UAVs in Wildland Firefighting Operations: A Review of Current Technologies and Future Trends. *Remote Sensing*, 2021, vol. 13, issue 12, p. 2345.

16. Korpela T., Honkavaara M., Hakala T. Fire Monitoring with Unmanned Aerial Vehicles: A Review of Sensor Technologies and Data Processing Methods. *Remote Sensing*, 2019, vol. 11, issue 19, p. 2234.

17. Wang Y., Li X., Zhang Z. Development of an Unmanned Aerial Vehicle System for Firefighting Applications. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 2020, vol. 97, pp. 453–468.

18. European Emergency Number Association (EENA). *Drones for Public Safety: A Practical Guide for First Responders*. Brussels: EENA, 2021. 128 p.

*Халиков Ринат Валерьевич*

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,

Российская Федерация, г. Москва

Доцент, кандидат технических наук

E-mail: vokilah@rambler.ru

*Khalikov Rinat Valerevich*

Financial University under the Government of the Russian Federation,

Russian Federation, Moscow

Associate professor, candidate of technical sciences

E-mail: vokilah@rambler.ru

*Климовцов Василий Михайлович*

Академия государственной противопожарной службы,

Российская Федерация, г. Москва

Начальник учебно-научного комплекса, кандидат технических наук, доцент

E-mail: wmk2911@mail.ru

*Klimovtsov Vasily Mikhailovich*

Academy of the State Fire Service,

Russian Federation, Moscow

Head of the training and research complex, candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: wmk2911@mail.ru

*Гаппаев Азиз Ахмед-Беширович*

Академия государственной противопожарной службы,

Российская Федерация, г. Москва

Доцент, кандидат технических наук

E-mail: 95ch.r@mail.ru

*Gaplayev Aziz Akhmed-Beshirovich*

Academy of the State Fire Service,  
Russian Federation, Moscow  
Associate professor, candidate of technical sciences  
E-mail: 95ch.r@mail.ru

*Коваль Юлия Николаевна*

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, Железногорск  
Заведующая кафедрой, кандидат биологических наук, доцент  
E-mail: a\_yulya@inbox.ru  
*Koval Yulia Nikolaevna*  
Siberian Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia,  
Russian Federation, Zheleznogorsk  
Head of department, candidate of biological sciences, associate professor  
E-mail: a\_yulya@inbox.ru

*Гринченко Борис Борисович*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Российская Федерация, г. Иваново  
Доцент, кандидат технических наук  
E-mail: grinchenko.borya@mail.ru  
*Grinchenko Boris Borisovich*  
Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy  
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies  
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,  
Russian Federation, Ivanovo  
Associate professor, candidate of technical sciences  
E-mail: grinchenko.borya@mail.ru