

Научная статья

УДК 629.735.33(07); DOI: 10.61260/1998-8990-2024-1-37-46

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

✉ Актерский Юрий Евгеньевич;

Шидловский Григорий Леонидович;

Терехин Сергей Николаевич.

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

✉ akterskij.y@igps.ru

Аннотация. Количество чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории Российской Федерации продолжает оставаться на достаточно высоком уровне. Все чрезвычайные ситуации сопровождаются воздействием на окружающую среду опасных поражающих факторов, способных привести к причинению вреда здоровью и жизни людей, возгораниям и взрывам с частичным или полным разрушением различных объектов, загрязнению местности и атмосферы выбросами вредных веществ. Все это требует реализации экстренных мер по организации и проведению поисково-спасательных и других неотложных работ по поиску и защите людей, находящихся в опасных зонах и очагах поражения.

Цель работы – обоснование и разработка новых средств и методов повышения эффективности и качества организации и проведения поисково-спасательных работ в зонах крупномасштабных чрезвычайных ситуаций подразделениями МЧС России.

Методологическую основу работы составили анализ, синтез, статистический, системно-структурный методы, метод прогнозирования.

Предложены подходы к повышению эффективности и качества организации и проведения поисково-спасательных работ в зонах крупномасштабных чрезвычайных ситуаций на основе использования распределенной сетевидной системы управления группой беспилотных воздушных судов, позволяющей всем аппаратам группы оперативно обмениваться информационными сообщениями как между собой, так и с центральным узлом управления.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, поисково-спасательные работы, беспилотные авиационные системы, беспилотные воздушные суда, распределенные сетевидные системы управления

Для цитирования: Актерский Ю.Е., Шидловский Г.Л., Терехин С.Н. Организация и проведение поисково-спасательных работ с использованием сетевидной системы управления группой беспилотных воздушных судов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 1 (69). С. 37–46. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-1-37-46.

Scientific article

ORGANIZATION AND CONDUCT OF SEARCH AND RESCUE OPERATIONS USING A NETWORK-CENTRIC CONTROL SYSTEM FOR A GROUP OF UNMANNED AIRCRAFT

✉ Aktersky Yury E.;

Shidlovsky Grigory L.;

Terekhin Sergey N.

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

✉ akterskij.y@igps.ru

Abstract. The number of natural and man-made emergencies on the territory of the Russian Federation continues to remain at a fairly high level. All emergencies are accompanied by the impact on the environment of dangerous damaging factors that can lead to harm to human health and life, fires and explosions with partial or complete destruction of various objects, pollution of the terrain and atmosphere by emissions of harmful substances. All this requires the implementation of emergency measures for the organization and conduct of search and rescue and other urgent work to find and protect people in dangerous areas and lesions.

The purpose of the work is to substantiate and develop new tools and methods to improve the efficiency and quality of the organization and conduct of search and rescue operations in areas of large-scale emergencies by units of EMERCOM of Russia.

The methodological basis of the work consists of analysis, synthesis, statistical, system-structural methods, and forecasting method.

Approaches to improving the efficiency and quality of organizing and conducting search and rescue operations in large-scale emergency zones based on the use of a distributed network-centric control system for a group of unmanned aircraft, which allows all devices of the group to promptly exchange information messages both among themselves and with the central control node.

Keywords: emergencies, search and rescue operations, unmanned aircraft systems, unmanned aircraft, distributed network-centric control systems

For citation: Aktersky Yu.E., Shidlovsky G.L., Terekhin S.N. Organization and conduct of search and rescue operations using a network-centric control system for a group of unmanned aircraft // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 1 (69). P. 37–46. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-1-37-46.

Введение

В настоящее время в большинстве регионов Российской Федерации количество чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера продолжает оставаться на достаточно высоком уровне [1].

Все ЧС несут серьезную угрозу для здоровья и жизни людей как в крупных, так и в небольших городских и сельских населенных пунктах для различных социальных, инфраструктурных и экономических объектов, а также для окружающей природной среды (рис. 1).

В 2022 г. на территории Российской Федерации произошли 242 ЧС различного масштаба, в том числе [1]:

- локального – 60;
- муниципального – 150;
- межмуниципального – 9;
- регионального – 19;
- межрегионального – 2;
- федерального – 2.



Рис. 1. Чрезвычайные ситуации в Российской Федерации
 (https://fikiwiki.com/uploads/posts/2022-02/1644898408_8-fikiwiki-com-p-kartinki-chrezvichainikh-situatsii-9.jpg;
<https://gubdaily.ru/wp-content/uploads/2020/09/r2ejWxs0rRI.jpg>;
https://cdnn1.img.sputnik.az/img/42095/92/420959277_0:76:1296:808_2072x0_60_0_0_0882b00984fb08df2f254e2c35c82172.jpg)

В 2023 г. динамика увеличения количества ЧС осталась положительной. Одной из наиболее масштабных и разрушительных стала ЧС в Крыму и на Черноморском побережье Кавказа в конце ноября. Ураганный ветер и сильнейший шторм практически полностью уничтожили всю пляжную инфраструктуру, коммерческие и жилые постройки в непосредственной близости от линии побережья. Не обошлось без человеческих жертв. Величина суммарного материального ущерба по предварительным данным составила более 60 млрд руб. и до сих пор продолжает уточняться (рис. 2).



Рис. 2. Разрушительный шторм на Черноморском побережье
 (<https://avatars.dzeninfra.ru/get-zen-vh/271828/2a00ae8c34652b9897be8b4bc48fbd99dbb/orig>)

К наиболее опасным ЧС природного характера на территории Российской Федерации можно отнести:

- масштабные лесные пожары;
- наводнения, паводки и сели;
- землетрясения и извержения вулканов;
- смерчи и ураганы;
- обильные снегопады и экстремально низкие температуры воздуха.

К ЧС техногенного характера можно отнести:

- аварии на химически опасных объектах;
- аварии на радиационно опасных объектах;
- аварии на пожаро- и взрывоопасных объектах;

- аварии на гидродинамически опасных объектах;
- аварии на транспорте (воздушном, ж/д, автомобильном, водном, метро);
- аварии на коммунально-энергетических сетях.

Независимо от характера все перечисленные ЧС сопровождаются формированием и воздействием на окружающую среду опасных поражающих факторов, вызывающих причинение вреда здоровью и жизни людей, возгорания, взрывы, частичные или полные разрушения зданий и сооружений, загрязнение местности и атмосферы выбросами вредных веществ. Все это требует реализации комплекса экстренных мер по поиску и защите людей, находящихся в опасных зонах, ликвидации негативных последствий ЧС, проведения поисково-спасательных и других неотложных работ в основных очагах поражения.

Цель работы – обоснование и разработка новых средств и методов повышения эффективности и качества организации и проведения поисково-спасательных работ (ПСР) в зонах крупномасштабных ЧС подразделениями МЧС России.

Методы исследования

Согласно Федеральному закону от 22 августа 1995 г. № 151-ФЗ «Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» [2] организация и проведение ПСР в зонах ЧС является важнейшей задачей аварийно-спасательных формирований МЧС России, решение которой направлено на поиск и спасение людей, материальных и культурных ценностей, подавление или доведение до минимально возможного уровня воздействия последствий ЧС на территориях, в акваториях и на транспорте.

Ключевыми условиями успешного и эффективного решения этой сложной задачи является оперативность сбора, полнота и достоверность информации о масштабах и особенностях ЧС, о месте нахождения и состоянии людей, нуждающихся в помощи, о концентрации вредных веществ и т.п. При крупных природных и техногенных ЧС с высокой динамикой развития сбор такой информации традиционными методами становится затруднительным, что требует поиска и разработки новых подходов и технических средств к его реализации.

Одним из таких подходов к повышению эффективности и качества организации и проведения ПСР в зонах ЧС стало использование беспилотных воздушных судов (БВС) и беспилотных авиационных систем (БАС) на их основе.

Согласно Воздушному кодексу Российской Федерации [3] под БВС понимается воздушное судно, управляемое и контролируемое в полете пилотом (оператором), находящимся вне борта такого воздушного судна. БАС представляет собой комплекс взаимосвязанных элементов, включающий в себя одно или несколько БВС, средства управления полетом одного или нескольких БВС и контроля за полетом одного или нескольких БВС (станцию внешнего пилота (оператора) и линию управления и контроля БАС), а также средства осуществления взлета и посадки БВС.

Применение БВС и БАС в интересах МЧС России впервые началось в 2009 г. С 2015 г. в структуре Министерства начали функционировать специальные подразделения беспилотной авиации, предназначенные для решения комплекса разведывательных, специальных и транспортных задач.

В настоящее время для решения задач МЧС России применяются различные БВС самолетного и вертолетного типов отечественного и зарубежного производства (рис. 3).



Рис. 3. БВС МЧС России

(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6d/Filin-2_ISSE-2012_01.jpg)

В перечень разведывательных входят следующие задачи:

- ведение воздушной разведки с целью доведения в реальном масштабе времени или близком к реальному до органов управления и сил МЧС России необходимой оперативной информации;
- ведение мониторинга в течение длительного периода времени пожароопасной, паводковой и ледовой обстановки;
- воздушное патрулирование заданных районов и поиск объектов заинтересованности, контроль надводной обстановки в прибрежных зонах;
- воздушная разведка очагов и масштабов природных и техногенных пожаров;
- воздушная разведка зон подтопления;
- контроль зон ЧС, определение границ района ЧС и точных координат объектов поиска;
- воздушная разведка путей выдвижения оперативных групп и спасательных подразделений, определение путей эвакуации населения и пострадавших из зоны ЧС;
- разведка погоды;
- сопровождение, наведение и корректировка действий спасательных подразделений и мобильных поисковых групп;
- ведение поисковых авиационных работ на водных акваториях, в лесных массивах, труднодоступных районах;
- радиотехническая разведка для выявления абонентских терминалов сотовой и спутниковой связи, установления их местонахождения при выполнении поисковых работ;
- оценка результатов применения авиационно-спасательных технологий в процессе ликвидации ЧС;
- аэрофотосъемка заданных районов с последующей топографической привязкой фотоснимков для построения ортофотопланов заданных районов, создания трехмерных моделей местности, требуемого объекта, а также видео-, фотодокументирование объектов контроля для получения обзорных и детальных изображений.

К специальным задачам относятся следующие:

- обеспечение связи и ретрансляция радиосигналов;
- оповещение населения об угрозе возникновения ЧС;
- проведение замеров в районе химических и радиационных аварий.

К транспортным задачам относится доставка в район ЧС нуждающимся и терпящим бедствие людям различных малогабаритных грузов (средств связи, индивидуальных средств спасения, медикаментов, питания и т.п.).

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время накоплен уже достаточно большой опыт применения БАС при решении указанных выше задач, сформулированы и продолжают уточняться требования к тактико-техническим характеристикам самих БАС и их целевого оборудования, ведется разработка новых алгоритмов управления летательными аппаратами и их группировками в различных условиях обстановки при широком варьировании масштабов и сценариев развития ЧС.

Однако упор при этом делается на применение одиночных БВС или их малых групп с централизованным управлением без учета возможности информационного взаимодействия отдельных аппаратов группы между собой в процессе целевого применения. Структурная схема организации централизованного управления группой БВС приведена на рис. 4.

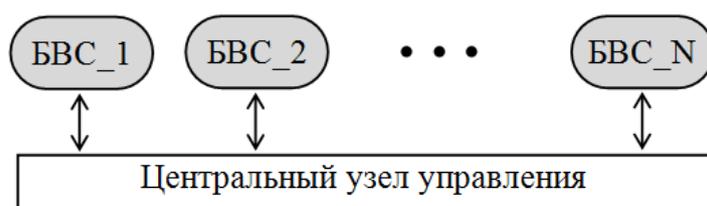


Рис. 4. Централизованная система управления

При централизованной системе группового управления все БВС группы рассматриваются как единый объект управления. Основу такой системы составляет центральный узел управления (ЦУУ), который по индивидуальным каналам связи обеспечивает информационное взаимодействие со всеми БВС. В этом случае все БВС группы непрерывно транслируют в ЦУУ телеметрическую информацию о своем состоянии и месте нахождения, а также информацию о состоянии внешней среды, формируемую целевым оборудованием каждого аппарата. На основе этой информации ЦУУ формирует и передает по каналам связи команды управления для каждого БВС группы.

Такой способ организации управления группой БВС характеризуется простотой и высокой эффективностью применения при решении всеми аппаратами группы однотипных задач на ограниченной площади в условиях низкой динамики изменения параметров внешней среды.

При увеличении масштабов бедствий и необходимости оперативного проведения ПСР на обширных территориях в условиях высокой неопределенности и динамики изменения параметров внешней среды (в условиях масштабных техногенных аварий, в условиях Арктической зоны, лесных пожаров, паводков, затоплений и т.п.) эффективность применения системы централизованного управления группой БВС резко снижается.

В процессе проведенных исследований установлено, что данный недостаток может быть значительно скомпенсирован на основе использования распределенной сетевидной системы управления группой БВС.

Организация сетевидного управления предполагает наличие у каждого БВС, входящего в состав группы, собственной бортовой системы управления (БСУ), с помощью которой он по выделенным каналам связи может обмениваться информационными и телеметрическими сообщениями с другими аппаратами группы и ЦУУ [4–6]. С учетом принятой информации БСУ каждого БВС самостоятельно (автономно) могут корректировать сценарии действий своих аппаратов и, таким образом, в целом оптимизировать деятельность группы для достижения общей цели при решении масштабных задач в условиях динамичного изменения параметров внешней среды [7–9]. Структурная схема реализации сетевидной системы управления группой БВС при решении поисково-спасательных задач приведена на рис. 5.

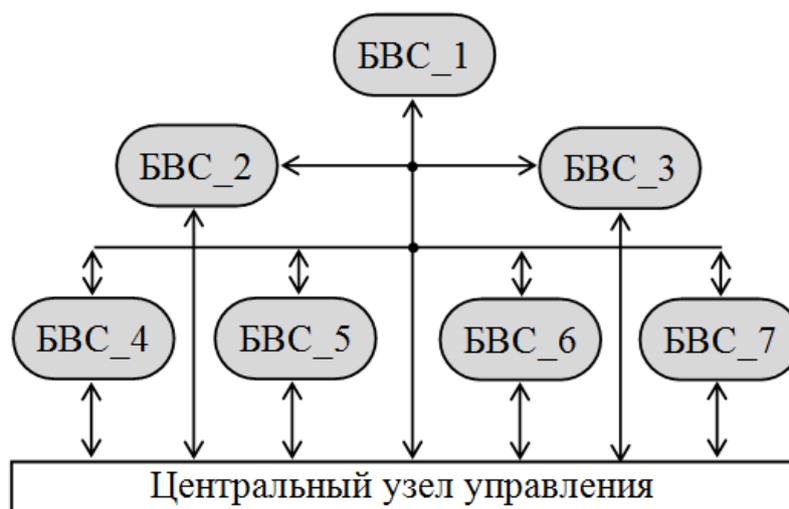


Рис. 5. Распределенная сетевая централизованная система управления

При реализации такой схемы управления одним из вариантов распределения целевых функций БВС в группе может быть следующий:

- БВС_1 – летательный аппарат самолетного типа с целевым оборудованием для проведения при ПСР обзорной воздушной разведки в оптическом или инфракрасном диапазоне для выявления первичных признаков очагов ЧС и мест возможного нахождения терпящих бедствие людей или транспортных средств. Обзорная разведка проводится путем перемещения летательного аппарата по заданной траектории с высокой скоростью и на большой высоте;

- БВС_2 – БВС_3 – летательные аппараты вертолетного типа с целевым оборудованием для проведения детальной разведки по целеуказаниям от БВС_1 и возможностью их коррекции по командам от ЦУУ. Детальная разведка проводится летательными аппаратами на пониженной скорости и с меньших высот с целью точного определения масштабов и границ очаговых зон ЧС и координат нахождения людей или транспортных средств в зонах ЧС;

- БВС_4 – БВС_7 – летательные аппараты вертолетного типа с повышенной грузоподъемностью и целевым оборудованием для доставки людям, находящимся в зонах ЧС, индивидуальных спасательных средств, средств связи, осветительных приборов, питания, медикаментов и т.п. Наведение транспортных БВС к местам доставки грузов осуществляется по целеуказаниям от БВС детальной разведки с возможностью их коррекции по командам от ЦУУ.

Однако широкое внедрение распределенных сетевых систем управления группой БВС при реализации поисково-спасательных и других масштабных мероприятий МЧС России в настоящее время сопряжено с необходимостью решения ряда следующих проблем:

- разработка и производство на отечественной элементной базе малогабаритных БСУ БВС на основе высокопроизводительных вычислительных средств с большими объемами оперативной и других видов памяти;

- разработка и реализация типовых и уникальных алгоритмов и программных средств с использованием элементов искусственного интеллекта для автономного и группового управления БВС при решении различных задач;

- разработка новых высокоскоростных систем и протоколов защищенной цифровой связи для обеспечения надежного информационного взаимодействия всех БВС внутри группы и с ЦУУ;

– разработка новых малогабаритных высокоэффективных источников энергии для обеспечения надежного функционирования всех систем и узлов БВС с различным набором целевого оборудования при максимально-возможных радиусах действия.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования показали, что в настоящее время повышение эффективности организации и проведения ПСР в зонах масштабных ЧС природного и техногенного характера может быть достигнуто на основе широкого применения групп БВС с различным целевым оборудованием. Системы управления такими группами могут быть централизованными или распределенными [9, 10]. В условиях масштабных ЧС и при высокой динамике изменения параметров контролируемой среды наиболее целесообразно использовать распределенные сетцентрические системы управления группой БВС, позволяющие всем аппаратам группы оперативно обмениваться информацией как между собой, так и с центральным узлом управления. Построение распределенных сетцентрических систем управления группой БВС невозможно без успешного решения таких научно-технических проблем, как разработка малогабаритных высокопроизводительных и надежных бортовых вычислительных средств с большими объемами оперативной и других видов памяти, новых специализированных программных комплексов с элементами искусственного интеллекта для автономного и группового управления БВС при решении ими различных задач, высокоскоростного телекоммуникационного оборудования с защищенными цифровыми каналами связи для информационного взаимодействия БВС между собой внутри группы и с центральным узлом управления, малогабаритных высокоемких источников энергии для обеспечения долговременного функционирования основного и целевого оборудования БВС. Кроме того, к важнейшим задачам можно отнести разработку новых методов мониторинга ЧС и тактики применения БВС при проведении поисково-спасательных работ в экстремальных условиях, подготовку операторов для управления как одиночными, так и группами БВС, специалистов по дешифрации информации от целевого бортового оборудования, разработчиков программно-алгоритмических комплексов с искусственным интеллектом, специалистов в области защиты информации и защиты БВС от воздействия средств радиоэлектронной борьбы.

Список источников

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2022 году: гос. доклад. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей (в ред. от 14 июля 2022 г.): Федер. закон от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
3. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19 марта 1997 г. № 60-ФЗ (в ред. от 4 авг. 2023 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Трахтенгерц Э.А. Сетцентрические методы компьютерного противодействия катастрофам и рискам // Управление большими системами. 2013. Вып. 41. С. 162–248.
5. Моисеев В.С. Групповое применение беспилотных летательных аппаратов. Казань: Ред.-изд. центр «Школа», 2017. 572 с.
6. First Successful Rescue of a Lost Person Using the Human Detection System: A Case Study from Beskid Niski (SE Poland) / T. Niedzielski [et al.] // Remote Sens. 2021. № 13. P. 4903.
7. Абросимов В.К. Коллективы интеллектуальных летательных аппаратов. М.: Изд. Дом «Наука», 2017. 304 с.
8. Unmanned Aerial Vehicles for Search and Rescue: A Survey / M. Lyu [et al.] // Remote Sens. 2023. № 5. P. 3266.

9. Multi-objective control for cooperative payload transport with rotorcraft UAVs / J. Gimenez [et al.] // *ISA Trans.* 2018. Vol. 80. P. 491–502.
10. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for engineering geology applications / D. Giordan [et al.] // *Bull. Eng. Geol. Environ.* 2020. № 79. P. 3437–3481.

References

1. O sostoyanii zashchity naseleniya i territorij Rossijskoj Federacii ot chrezvychajnyh situacij prirodno i tekhnogenno haraktera v 2022 godu: gos. doklad. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
2. Ob avarijno-spasatel'nyh sluzhbah i statuse spasatelej» (v red. ot 14 iyulya 2022 g.): Feder. zakon ot 22 avg. 1995 g. № 151-FZ. Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
3. Vozdushnyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 19 marta 1997 g. № 60-FZ (v red. ot 4 avg. 2023 g.). Dostup iz sprav.-pravovoj sistemy «Konsul'tantPlyus».
4. Trahtengerc E.A. Setecentricheskie metody komp'yuternogo protivodejstviya katastrofam i riskam // *Upravlenie bol'shimi sistemami*. 2013. Vyp. 41. S. 162–248.
5. Moiseev V.S. Gruppovoe primenenie bespilotnyh letatel'nyh apparatov. Kazan': Red.-izd. centr «Shkola», 2017. 572 s.
6. First Successful Rescue of a Lost Person Using the Human Detection System: A Case Study from Beskid Niski (SE Poland) / T. Niedzielski [et al.] // *Remote Sens.* 2021. № 13. P. 4903.
7. Abrosimov V.K. Kollektivy intellektual'nyh letatel'nyh apparatov. M.: Izd. Dom «Nauka», 2017. 304 s.
8. Unmanned Aerial Vehicles for Search and Rescue: A Survey / M. Lyu [et al.] // *Remote Sens.* 2023. № 5. P. 3266.
9. Multi-objective control for cooperative payload transport with rotorcraft UAVs / J. Gimenez [et al.] // *ISA Trans.* 2018. Vol. 80. P. 491–502.
10. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for engineering geology applications / D. Giordan [et al.] // *Bull. Eng. Geol. Environ.* 2020. № 79. P. 3437–3481.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 11.12.2023; одобрена после рецензирования: 11.01.2024;
принята к публикации: 20.02.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 11.12.2023; approved after review: 11.01.2024;
accepted for publication: 20.02.2024

Информация об авторе:

Актерский Юрий Евгеньевич, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор военных наук, профессор, e-mail: aue2002@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5767-7462>, SPIN-код: 7387-1442

Шидловский Григорий Леонидович, начальник кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: shidlovsky.g@igps.ru, SPIN-код: 4345-1531

Терёхин Сергей Николаевич, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор технических наук, доцент, e-mail: expert_terehin@mail.ru, SPIN-код: 9342-2440

Information about the authors:

Akterskiy Yury E., professor of the department of fire safety of buildings and automated fire extinguishing systems of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of military sciences, professor, e-mail: aue2002@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5767-7462>, SPIN: 7387-1442

Shidlovsky Grigory L., head of the department of fire safety of buildings and automated fire extinguishing systems 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: shidlovsky.g@igps.ru, SPIN: 4345-1531

Terekhin Sergey N., professor of the department of fire safety of buildings and automated fire extinguishing systems of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of technical sciences, associate professor, e-mail: expert_terehin@mail.ru, SPIN: 9342-2440