

Научная статья

УДК 614.86; DOI: 10.61260/1998-8990-2025-1-62-75

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРИ АВАРИЯХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Крымский Виталий Вячеславович;

✉ **Головенко Владислав Романович;**

Юрченко Роман Александрович.

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

✉ golovenko.vlad@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ авиационных происшествий за 2018–2023 гг., рассмотрен вопрос достаточности сил и средств для тушения воздушного судна Boeing 737, предложена оптимальная схема управления силами и средствами при такой чрезвычайной ситуации, а также разработаны рекомендации должностным лицам, осуществляющим управление боевыми действиями пожарно-спасательных подразделений при тушении пожара и спасении людей в условиях ограниченного времени.

На примере моделируемой чрезвычайной ситуации аварии воздушного судна в аэропорту Пулково ООО «Воздушные Ворота Северной Столицы» произведена оценка количества сил и средств, которые необходимо привлечь для ликвидации подобного рода чрезвычайных ситуаций.

Представлены результаты пожарно-тактических учений, проведенных на территории аэропорта Пулково.

Ключевые слова: воздушное судно, тушение пожара, авария, чрезвычайная ситуация, самолет, спасение людей

Для цитирования: Крымский В.В., Головенко В.Р., Юрченко Р.А. Научные основы организации и совершенствования технологии ведения аварийно-спасательных работ при авариях воздушных судов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2025. № 1 (73). С. 62–75. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-1-62-75.

Scientific article

SCIENTIFIC FOUNDATIONS OF THE ORGANIZATION AND IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY FOR CONDUCTING EMERGENCY RESCUE OPERATIONS IN CASE OF AIRCRAFT ACCIDENTS

Krymskiy Vitaly V.;

✉ **Golovenko Vladislav R.;**

Yurchenko Roman A.

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

✉ golovenko.vlad@mail.ru

Abstract. In this work, an analysis of aviation accidents for 2018–2023 was carried out, the issue of sufficiency of forces and means to extinguish the Boeing 737 aircraft was considered, an optimal scheme for managing forces and means in such an emergency was proposed, and recommendations were developed to officials managing the combat operations of fire and rescue units during fire extinguishing and rescue people in a limited time.

Using the example of an aircraft accident simulated by an emergency at Pulkovo airport, LLC «Air Gates of the Northern Capital» estimated the number of forces and means that need to be involved in the elimination of such emergencies.

The results of fire-tactical exercises conducted on the territory of Pulkovo airport are presented.

Keywords: aircraft, fire extinguishing, accident, emergency, airplane, rescue of people

For citation: Krymsky V.V., Golovenko V.R., Yurchenko R.A. Scientific foundations of the organization and improvement of technology for conducting emergency rescue operations in case of aircraft accidents // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2025. № 1 (73). P. 62–75. DOI: 10.61260/1998-8990-2025-1-62-75.

Введение

Современные самолеты – передовые достижения наукоемких технологий, радиоэлектроники, навигации, компьютерных программ и материалов. Гражданская авиация считается самым безопасным видом транспорта. Но, несмотря на это, чрезвычайные ситуации (ЧС) на воздушных судах (ВС) происходят регулярно. Основной причиной чаще всего являются ошибки пилотов, неполадки самолета (негерметичность топливных и гидравлических систем; разгерметизация ВС, неисправности двигателя, электрооборудования; грозовые разряды и статическое электричество), несоблюдение мер безопасности членами экипажа ВС и пассажирами, погодные условия, ошибки диспетчера, некачественное техобслуживание ВС, террористические акты [1].

Пожары на ВС в большинстве случаев происходят на этапе взлета, захода на посадку и при техническом обслуживании как на взлетно-посадочной полосе (ВПП), так и в ремонтных ангарах.

ЧС и связанные с ними пожары на ВС приносят огромные финансовые и репутационные потери для компаний и операторов аэропортов, осуществляющих перевозку, и требуют привлечения большого количества сил и средств (СиС) для их ликвидации (рис. 1) [2].



Рис. 1. Авиакатастрофа самолета Sukhoi Superjet 100 в мае 2019 г. (<https://www.rbc.ru/society/06/05/2019/5cd016b19a7947620e26e364>)

Целью работы является проведение оценки количества СиС (на примере моделируемой ЧС аварии ВС в аэропорту Пулково ООО «Воздушные Ворота Северной Столицы»), которые необходимо привлечь для ликвидации подобного рода ЧС, особенно в условиях сравнительно малого количества водоисточников, что типично для аэропортов.

Актуальность рассмотренной темы обусловлена тем, что, несмотря на то, что ВС, по статистике, являются одними из самых безопасных видов транспорта, в случае аварии существует высокий риск гибели всех находящихся на борту людей, поэтому пожарно-спасательным подразделениям крайне важно всегда быть готовыми к ликвидации любого рода ЧС, которые могут произойти с ВС.

Методы исследования

Причиной более половины ЧС на ВС является человеческий фактор, но около 30 % из них происходят в связи с технической неисправностью, остальные – по иным причинам. В России ежегодно происходит в среднем 34 авиационных происшествия (рис. 2).

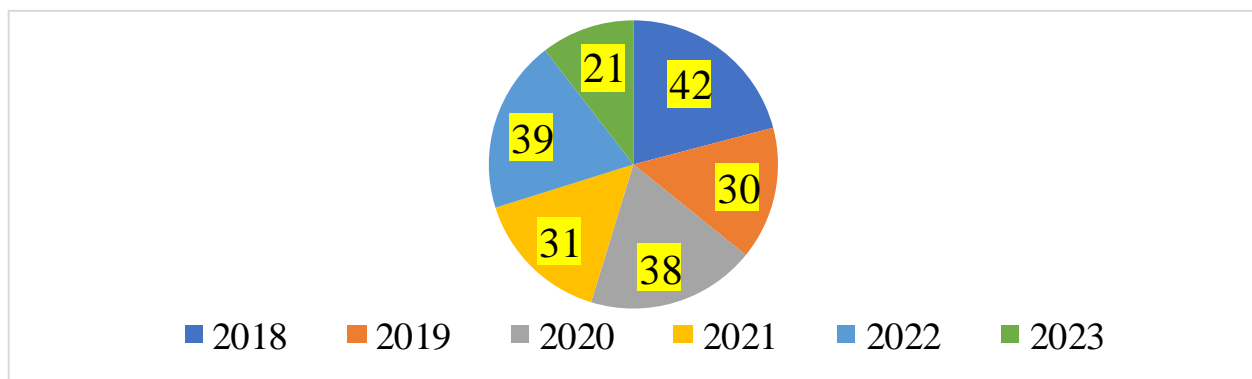


Рис. 2. Количество авиационных происшествий на территории Российской Федерации в 2018–2023 гг. (<https://www.interfax.ru/russia/955844>)

Количество погибших при авиационных происшествиях в среднем составляет около 50–60 чел., но стоит отметить, что прослеживается тенденция снижения гибели людей. Распределение количества погибших при авариях ВС по годам представлено на рис. 3.

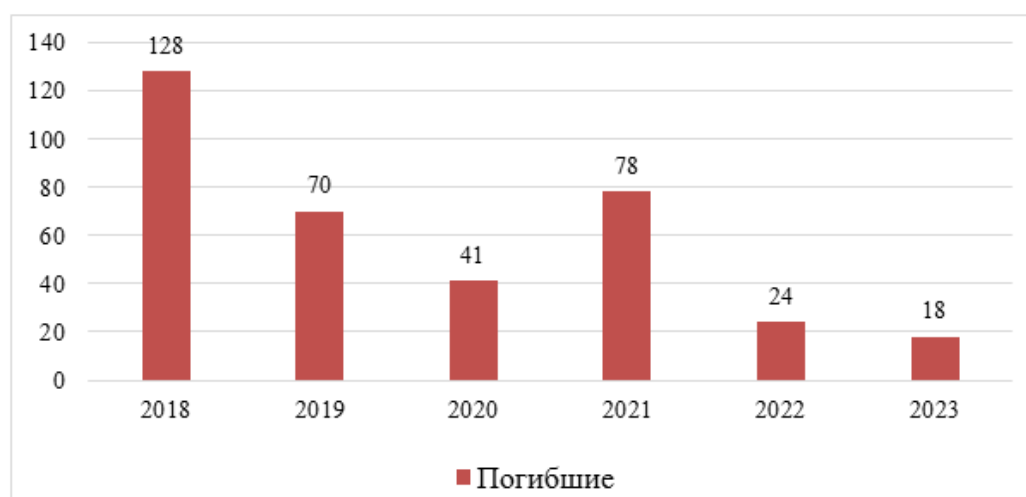


Рис. 3. Количество погибших пассажиров при авиационных происшествиях на территории Российской Федерации в 2018–2023 гг. (<https://www.interfax-russia.ru/tourism/news/mak-chislo-aviaproisshestviy-v-rf-v-2023-godu-stalonaimenshim-za-poslednie-10-let>)

Кроме того, в последние два года актуальной причиной ЧС на территории аэропортов и аэровокзалов стала атака беспилотных авиационных систем (БАС). Приведенные статистические данные свидетельствуют об актуальности вопроса совершенствования обеспечения безопасности полетов ВС.

Результаты исследования и их обсуждение

В целях разработки научных основ организации и совершенствования технологии ведения аварийно-спасательных работ (АСР) при авариях ВС произведем расчет СиС, необходимых для ликвидации подобных аварий.

Смоделируем типовой пожар ВС с разливом авиатоплива на примере самолета Boeing 737, который имеет широкое применение в Российских авиакомпаниях. Так, например, компания «Аэрофлот» эксплуатирует 48 бортов данного типа ВС, авиакомпания «Победа», которая позиционирует себя как лоукостер и преимущественно эксплуатирует самолеты одного типа, что характерно для таких компаний, пользуется 30 бортами, а всего в России 188 самолетов Boeing 737.

Характеристики самолета Boeing 737 (рис. 4):

Размеры самолета:

- длина – 39 м;
- высота – 12 м;
- ширина фюзеляжа – 7 м;
- размах крыла – 34 м.

Летные характеристики:

- крейсерская скорость – 852 км/ч;
- взлетная скорость – 225 км/ч.

Число мест:

- экипаж – 5;
- пассажиры – 189.

Переносимые ВС нагрузки:

- взлетная – 78 т;
- посадочная – 65 т.



Рис. 4. Общий вид самолета Boeing 737

(<https://journal.zhilibyli.ru/kak-puteshestvovat/boeing-737-800-skhema-salona/>)

В качестве топлива применяется авиационный керосин.

На вооружении службы противопожарного и аварийно-спасательного обеспечения полетов (СПАСОП) состоят автомобили аэродромного тушения (АА), оснащенные стационарными лафетными стволами, из которых за минимальное время можно подать достаточное для тушения ВС количество огнетушащих веществ (ОТВ).

Согласно легенде аварии ВС неизвестное лицо, начинив БАС взрывным устройством, поднял его вверх на высоту 30 м в зоне посадки ВС с Пулковского шоссе, после чего прицельно попал в двигательную установку самолета, осуществляющего посадку на ВПП аэропорта Пулково.

В результате террористических действий самолет Boeing 737 совершил аварийную посадку, не долетев до ВПП. Причинами, осложняющими ликвидацию, стал и разлив авиационного керосина и возникновение горения. План на местности данной аварии ВС будет выглядеть так, как это представлено на рис. 5.

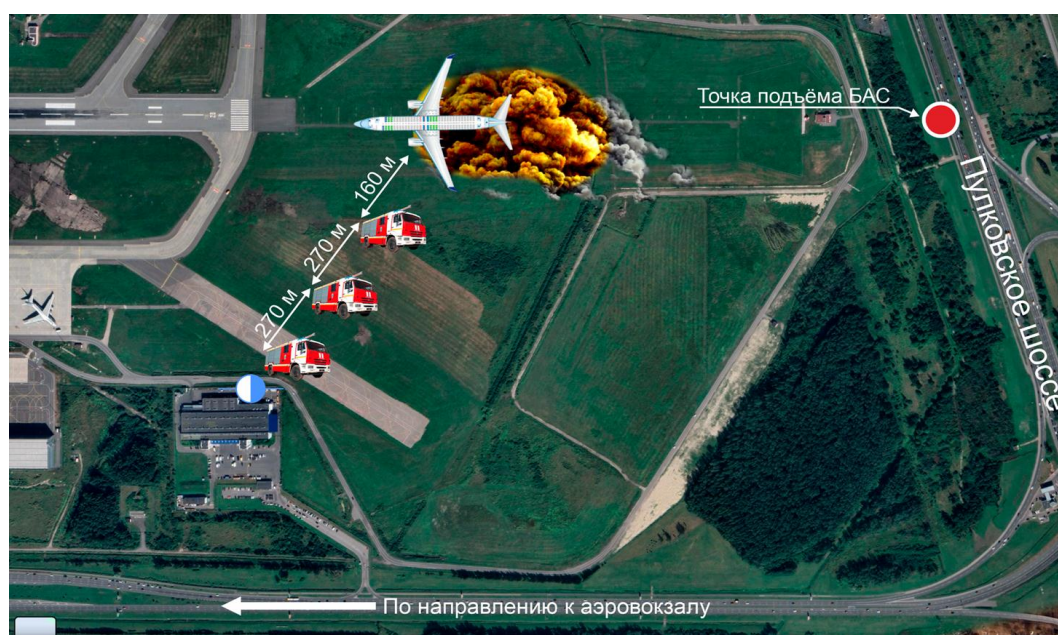


Рис. 5. Схема ЧС аварии Boeing 737 в результате террористического акта

Исходные данные к расчету:

– требуемый расход ОТВ по легковоспламеняющейся жидкости (ЛВЖ):

$$I_{\text{тр.т.}}^{\text{по ЛВЖ}} = 0,08 \frac{\text{л}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}};$$

– площадь разлива авиационного топлива при аварии ВС: $^2S_{\text{п.лвж}} = 400 \text{ м}^2$.

Произведем расчет:

1. Определим необходимое количество стволов «СЛС-П60» на тушение:

$$N_{\text{ств.т.ЛВЖ}} = \frac{S_{\text{т}} \cdot I_{\text{тр.т.}}(\text{по ЛВЖ})}{q_{\text{ств}}} = \frac{400 \cdot 0,08}{60} = 0,53 = 1 \text{ шт.},$$

где $S_{\text{т}}$ – площадь тушения пожара (м^2); $I_{\text{тр.т.}}$ – требуемая интенсивность подачи ОТВ ($\text{л}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$); $q_{\text{ств}}$ – расход пожарного ствола ($\text{л}/\text{с}$).

¹ Терехнев В.В., Смирнов В.А., Семенов А.О. Пожаротушение: справ. 2-е изд. М., 2012.

² Рекомендации по тушению пожаров на ВС на аэродромах гражданской авиации. М.: ГосНИИ ГА, 1990. Разд. 5.

2. Фактически, исходя из порядка действий пожарно-спасательных расчетов СПАСОП при тушении пожара на ВС, принимаем два ствола «СЛС-П60», поданные с одного направления, учитывая направление ветра.

3. Для локализации пожара в объеме фюзеляжа на время свободного развития пожара ($t_{св.р}$) фактически принимаем три ствола «Б» (два ствола на путях распространения в салоне и один ствол – в багажный отсек фюзеляжа).

4. Количество стволов на защиту ВС на $t_{св.р1}$ – три ствола «СВП» на защиту топливных баков. Распределяем равномерно.

5. Определим общий фактический расход воды на тушение и защиту ВС на $t_{св.р1}$:

$$Q_{\text{общ.ф}} = N_{\text{ст.тр.ф.}} \cdot q_{\text{ств.}} + N_{\text{ст.тр.з.}} \cdot q_{\text{ств.}} = 3 \cdot 3,7 + 3 \cdot 5,64 = 28 \text{ л/с.}$$

Вывод 1:

Первое прибывшее подразделение СПАСОП не может одновременно подать шесть стволов на тушение и защиту, СиС на $t_{св.р}$ недостаточно. Требуется дополнительно задействовать АА СПАСОП. Кроме того, необходимо обеспечить бесперебойную подачу ОТВ от пожарного гидранта в перекачку на расстоянии 580 м, участок местности характеризуется как безводный.

Расстановка СиС на момент прибытия подразделения СПАСОП представлена на рис. 6.

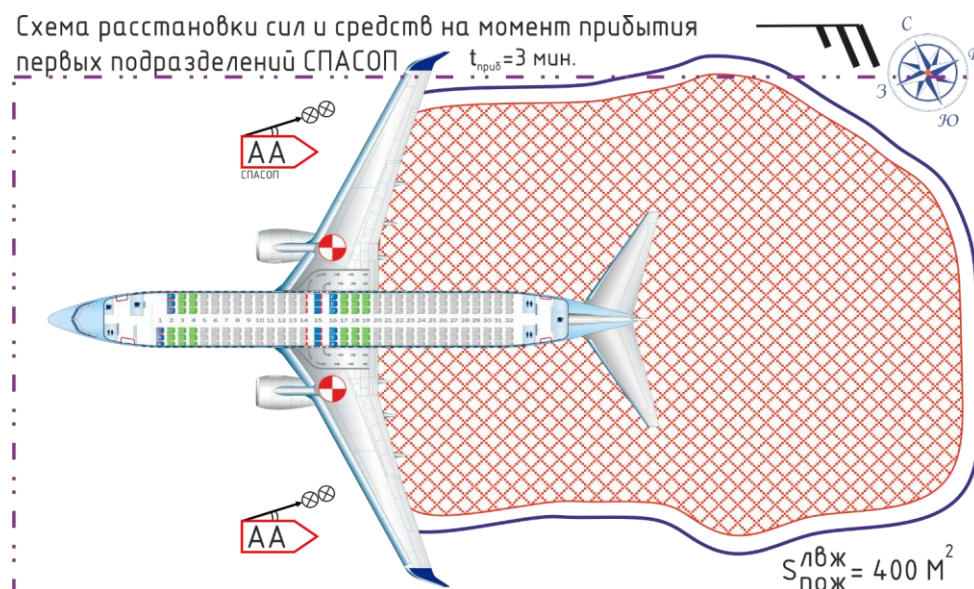


Рис. 6. Схема расстановки подразделения на момент прибытия

В качестве компенсации требуется дополнительно задействовать один АА СПАСОП в качестве активного резерва на позиции работы ствола «СВП», тем самым увеличив время его работы.

Стволы на тушение фюзеляжа обеспечат три отделения газодымозащитной службы (ГДЗС) на АА СПАСОП.

6. Определяем требуемое количество генераторов пены для подачи ОТВ от пожарного гидранта с учетом выбранной схемы подачи воды по магистральной линии диаметром 77 мм.

Примем способ перекачки из насоса в насос.

Предельное расстояние от головной машины по наиболее загруженной магистрали:

$$L_{\text{пр.}} = \frac{H_{\text{н}} - (H_{\text{р}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{ст.}})}{SQ^2} = \frac{100 - (60 + 4 + 1)}{0,015 \cdot (3 \cdot 5,64)^2} = 8 \text{ рукавов} = 160 \text{ м.}$$

где H_n – напор на насосе, м.вод.ст.; H_p – напор у разветвления, м.вод.ст.; Z_m – высота подъема местности; Z_{cm} – наибольшая высота подъема ствола, м; S – сопротивление пожарного рукава, м; Q – расход воды в наиболее загруженной линии, л·с⁻¹.

7. Предельное расстояние между машинами, перекачивающими воду:

$$L_{пр.} = \frac{H_n - (h_{вх.} + Z_m)}{SQ^2} = \frac{100 - (10 + 4)}{0,015 \cdot (3 \cdot 5,64)^2} = 20 \text{ рукавов} = 400 \text{ м},$$

где $h_{вх.}$ – напор в конце рукавной линии при входе в следующую АЦ, мм.вод.ст.

8. Количество машин, необходимых для подачи воды в перекачку:

$$N_{м.} = \left(\frac{1,2 \cdot L_{ф.} - L_{пр.}}{L_{м.}} \right) + 1 = \left(\frac{1,2 \cdot 580 - 160}{500} \right) + 1 = 2 \text{ шт.}$$

9. Определим численность личного состава (без учета СПАСОП):

$$N_{л.с.} = 3 \cdot N_{ств.т.} + 3 \cdot N_{ств.з.} + 3 \cdot N_{з.р.} + N_{пб.} + N_{м.} + N_{с.т.} + N_{пер.}$$

$$N_{л.с.} = 3 \cdot 0 + 3 \cdot 0 + 3 \cdot 1 + 1 + 2 + 2 + 5 = 13 \text{ чел.},$$

где $N_{ств.т.} = 0$ – количество звеньев, занятых на позициях стволов по тушению пожара с использованием звеньев ГДЗС; $N_{ств.з.} = 0$ – количество звеньев, занятых на позициях стволов по защите с использованием звеньев ГДЗС; $N_{з.р.} = 1$ – звеньев в резерв; $N_{пб.} = 1$ – количество людей, занятых на ПБ; $N_{м.} = 2$ – количество людей, занятых на контроле насосно-рукавных систем (по числу машин, задействованных для транспортировки ОТВ); $N_{с.т.} = 2$ – количество людей, занятых на специальной технике; $N_{пер.} = 5$ – количество людей на перекачке.

10. Определим необходимое количество пожарных подразделений основного назначения:

$$N_{отд.} = \frac{N_{л.с.}}{N_{б.р.}} = \frac{13}{5} = 2,6 = 3 \text{ отд.}$$

$$N_{б.р.} = \text{боевой расчёт } 5 \text{ человек.}$$

Вывод 2:

На основании расчетной части возможной эвакуации значительного количества пассажиров (членов экипажа) при проведении аварийно-спасательных работ (АСР) и в соответствии с «Расписанием выезда пожарно-спасательных подразделений и аварийно-спасательных формирований территориального гарнизона г. Санкт-Петербурга» принимаем, что для тушения пожара на данном объекте необходимы СиС по автоматическому номеру (рангу) пожара 1-2, «Жидкость», «Волна», дополнительно АР (1).

Таким образом, оптимальная схема расстановки СиС на момент локализации аварии ВС, когда горение разлива авиатоплива уже ликвидировано, должна выглядеть как на рис. 7.

Оптимальной является схема, позволяющая учитывать работу всех привлекаемых СиС (вне зависимости от ведомственной принадлежности), включая организацию ведения боевых действий с точки зрения безопасности участников тушения пожара в первую очередь, и, несомненно, организацию управления СиС для спасения пострадавших с ВС [3].

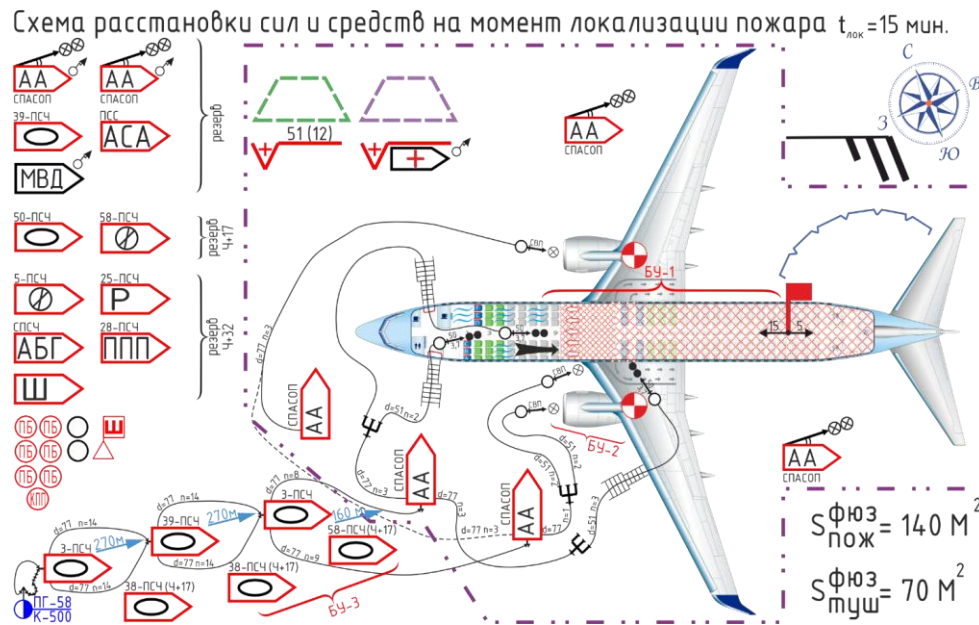


Рис. 7. Оптимальная схема расстановки сил и средств всех прибывших подразделений на момент локализации аварии

В целях подтверждения описанного теоретического расчета 5 октября 2023 г. были проведены опытные пожарно-тактические учения на территории аэропорта ООО «Воздушные Ворота Северной Столицы» (аэропорт Пулково, Санкт-Петербург). Спасатели на практике отработали взаимодействие при возникновении возгорания на ВС в темное время суток, а также вопросы покрытия воздушно-механической пеной разлива авиационного топлива вокруг самолета, охлаждение фюзеляжа ВС компрессионной пеной, подаваемой установкой Natisk, а также проникновение спасателей внутрь фюзеляжа через крыло самолета и с помощью автомобильного трапа (рис. 8) [4].



Рис. 8. Фотографии отрабатываемых элементов опытных пожарно-тактических учений в аэропорту Пулково

По легенде учений, ВС следовало в аэропорт Пулково. За 30 мин до посадки командир корабля доложил о пожаре правого двигателя. Руководитель полетов установленным порядком объявил сигнал «Готовность», по которому аварийно-спасательная команда прибыла в точку сбора. Руководитель ликвидации ЧС отдал распоряжение о вызове подразделений гарнизона пожарной охраны Санкт-Петербурга.

Экипаж условно выполнил аварийную посадку. Был объявлен сигнал «Тревога», код «Красный» для расчетов аварийно-спасательной команды. Кроме горения правого двигателя по внешним признакам условно принято возгорание разлитого авиатоплива, угроза перехода пожара в салон ВС.

В рамках учений было задействовано 18 единиц аварийно-спасательной и специальной техники и 80 чел. личного состава, а также служба медицинской и психологической помощи, специализированная пожарно-спасательная часть федеральной пожарной службы Государственной противопожарной службы им. А.П. Кудряшова. Таким образом, в ходе проведения учений были получены эмпирические данные, свидетельствующие о достаточности количества СиС пожарно-спасательных подразделений и количества применяемых ОТВ.

В целях подтверждения полученных данных смоделируем пожар и произведем расчет с учетом недостаточности водоснабжения на ВПП, после чего можно будет обоснованно вынести рекомендации для пожарно-спасательных подразделений с применением оптимальной схемы расстановки СиС [5–10].

На основании анализа процессов ликвидации авиационных происшествий с разливом авиационного топлива для должностных лиц на пожаре разработаны представленные ниже рекомендации по проведению АСР согласно примерному ходу ликвидации аварии ВС во времени.

Таблица

**Рекомендации к проведению АСР
согласно ходу ликвидации аварии ВС**

Примерное время от начала развития пожара: Ч+3	
Возможная обстановка пожара	Фюзеляж находится на земле, имеет повреждения, пожар разлитого под ВС авиатоплива и распространение внутри фюзеляжа, часть пассажиров не способна к самостоятельному передвижению. $S_{п.лвж.} = 400 \text{ м}^2$ (нормативное). ВПП приведена в действие, силовое оборудование ВС обесточено. На пожар прибывает дежурная смена СПАСОП на АА
Рекомендации руководителю подразделения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Получить задачу от руководителя АСР. 2. Определить решающее направление действий – «Ликвидировать угрозу взрыва топливных баков путем локализации горения авиатоплива, разлитого под фюзеляжем и плоскостью крыла». 3. Организовать тушение разлитого ЛВЖ. 4. Тушение разлитого ЛВЖ проводить лафетными стволами пеной низкой кратности, с последующим переходом на подачу ОТВ при помощи «СВП» или генераторов пены; 5. Распределить работу отделений на позициях. 6. Расстановку АА производить на расстоянии 20–30 м от очага, сосредотачивая основные СиС на решающем направлении действий. 7. При выборе исходных позиций необходимо учитывать направление и силу ветра. АА должны быть установлены так, чтобы под воздействием ветра не происходило разрушение пенной струи. 8. В первую очередь необходимо локализовать пожар ЛВЖ, далее в районе пассажирского салона, кабины экипажа, багажных отсеков, а также создать эвакуационные выходы из ВС. 9. Одновременно с тушением проводить охлаждение фюзеляжа крыла пеной низкой кратности с помощью ствола «СВП». 10. Подачу огнетушащей пены производить лафетными стволами от АА, создавая требуемую в данной ситуации производительность подачи. Суммарная производительность подачи всех используемых лафетных стволов должна быть не менее значения, нормативного для данного типа ВС. 11. В случае если в фюзеляже ВС обнаружены разломы и пробоины, то в первую очередь при охлаждении фюзеляжа необходимо подать стволы в эти разломы. 12. Отобразить локализацию открытого горения по зеркалу авиатоплива и угрозу распространения внутри фюзеляжа

Примерное время от начала развития пожара: Ч+5	
Возможная обстановка пожара	Локализация открытого горения по зеркалу авиатоплива, распространение внутри фюзеляжа. Часть пассажиров не способна к самостоятельному передвижению
Рекомендации руководителю подразделения	1. Сменить решающее направление действий на обеспечение спасательных работ с одновременным тушением пожара на путях распространения. 2. Организовать подачу ручных стволов в фюзеляж ВС силами звеньев ГДЗС СПАСОП и стволов «СВП» на защиту топливных баков. 3. Предусмотреть подачу ствола-пробойника в фюзеляж. 4. Одновременно с тушением проводить эвакуацию пассажиров силами звеньев ГДЗС СПАСОП. 5. Предусмотреть организацию тушения остаточных очагов горения ЛВЖ
Примерное время от начала развития пожара: Ч+8	
Возможная обстановка пожара	Локализация открытого горения в фюзеляже, часть пассажиров не способна к самостоятельному передвижению. Прибытие ближайших к аэропорту городских пожарно-спасательных подразделений на двух АЦ
Рекомендации руководителю подразделения	1. Организовать штаб тушения пожара. 2. Организовать БУ-1 «Тушение пожара и спасение». 3. Организовать БУ-2 «Охлаждение силовых установок и баков с топливом». 4. АЦ-1 городской ПСЧ установить к ВС. Звено ГДЗС направить на спасение людей. 5. АЦ-2 городской ПСЧ установить в перекачку. Звено ГДЗС направить на спасение людей
Примерное время от начала развития пожара: Ч+15	
Возможная обстановка пожара	Локализация пожара в объеме фюзеляжа, проводится спасение пассажиров. Прибытие ближайших к аэропорту городских пожарно-спасательных подразделений на двух АЦ
Рекомендации руководителю подразделения	1. Организовать БУ-3 «Организация перекачки». 2. АЦ-3 и АЦ-4 городских ПСЧ установить в перекачку. 3. Звенья ГДЗС – в резерв
Примерное время от начала развития пожара: Ч+17	
Возможная обстановка пожара	Пассажиры спасены. Прибытие ближайших к аэропорту городских пожарно-спасательных подразделений на семи АЦ
Рекомендации руководителю подразделения	1. Использовать прибывшие АЦ на ступени перекачки (незадействованные поставить в резерв).
Примерное время от начала развития пожара: Ч+32	
Возможная обстановка пожара	Обстановка без изменений. Прибытие дополнительных СиС на пожарных автомобилях
Рекомендации руководителю подразделения	Прибывшие СиС – в резерв

Заключение

Пожары самолетов гражданской авиации представляют наибольшую опасность в связи с большим количеством пассажиров, быстрым прогоранием обшивки фюзеляжа, высокой температурой в зоне горения, угрозой взрыва топливных баков, амортизационных стоек шасси и барабанов колес. Именно поэтому на территории аэропортов расположены СПАСОП, время прибытия которых составляет не более 3 мин в любую точку аэропорта.

Основным требованием является незамедлительное обнаружение пожара, его ликвидация первичными средствами пожаротушения, организация эвакуации людей бортпроводниками согласно своим должностным обязанностям. Первоочередной задачей на таком пожаре станет спасение людей, которые не смогли самостоятельно эвакуироваться. Стоит учесть, что есть вероятность нахождения маломобильных людей в самолете.

В данной статье был произведен анализ пожаров и авиапроисшествий на территории Российской Федерации за последние шесть лет, проанализирована организация тушения пожаров силами СПАСОП АО Международный аэропорт «Пулково» с привлечением СиС Санкт-Петербургского гарнизона. Рассмотрены особенности тушения ВС и предложены

рекомендации организации тушения пожаров. Предложенные научные основы организации и совершенствования технологии ведения АСР при авариях ВС, оптимальная структура управления тушением пожара должны быть изучены всеми пожарно-спасательными подразделениями, в зону ответственности которых входят аэропорты [11–21].

Список источников

1. Крымский В.В., Головенко В.Р., Казаков-Прокопьев Т.А. Организация управления подразделениями службы противопожарного и аварийно-спасательного обеспечения полетов для выполнения задач по тушению пожаров и спасению людей согласно требованиям пожарной защиты в зависимости от присвоенной аэропорту категории // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2023. № 4 (48). С. 23–29. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2023-4-23-29. EDN FCMTXA.
2. Крымский В.В., Головенко В.Р., Казаков-Прокопьев Т.А. Особенности управления боевыми действиями при обеспечении пожарной безопасности на воздушных судах // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Пожарная и экологическая безопасность зданий в России и ЕАЭС: сб. материалов конф. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2023. С. 61–64. EDN ETJBVL.
3. Алехин М.Ю., Янченко А.Ю., Крымский В.В. О прогнозировании экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2012. № 2. С. 84–88. EDN PGEXBP.
4. Крымский В.В., Головенко В.Р. Организация управления пожарными подразделениями с использованием современного пожарно-спасательного оборудования при тушении пожаров воздушных судов // Пожаровзрывобезопасность. 2024. Т. 33. № 2. С. 77–90. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.02.77-90. EDN YMWYIU.
5. Крымский В.В., Головенко В.Р. Разработка методических основ организации проведения учений аварийно-спасательных служб для отработки действий в чрезвычайной ситуации аварии воздушного судна // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 2 (70). С. 102–116. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-102-116. EDN ABBYVF.
6. Крымский В.В., Головенко В.Р. Особенности управления при тушении воздушных судов пожарными подразделениями // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2023. № 3 (47). С. 115–124. DOI: 10.21685/2227-8486-2023-3-8. EDN XEJWBT.
7. Головенко В.Р. Исследование проблемы управления пожарными подразделениями и разработка алгоритма принятия решений руководителем ликвидации чрезвычайной ситуации при аварии воздушного судна // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 1 (69). С. 163–173. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-1-163-173. EDN CFZHFV.
8. Крымский В.В., Головенко В.Р. Техничко-экономическая эффективность мероприятий предварительного планирования при управлении тушением пожаров воздушных судов // Проблемы современной экономики. 2024. № 1 (89). С. 172–175. EDN TFOZUC.
9. Plane crash during COVID-19: Lessons Learnt / A.K. Chinraj [et al.] // Indian J Orthop. 2022. Vol. 56 (2). P. 357–364. DOI: 10.1007/s43465-021-00463-w.
10. Situational modeling of transportation problems: applied and didactic aspects / S.Yu. Balychev [et al.] // Espacios. 2018. Vol. 39. Iss. 10. P. 27. EDN XXTBVJ.
11. Mazakov E.B., Matrokhina K.V., Trofimets V.Yu. Traffic management at the enterprises of the mineral industry // Advances in raw material industries for sustainable development goals. London: CRC Press, 2021. P. 397–405. EDN KENJKF.
12. Trofimets E.N., Trofimets V.Ya. Computer modelling of physical processes described by parabolic type equations // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1047 (1). P. 012140. DOI: 10.1088/1757-899X/1047/1/012140. EDN ZNZRCW.
13. Method for adjusting current appropriations under irregular funding conditions / A.M. Batkovskiy [et al.] // Journal of Applied Economic Sciences. Romania: European Research

Centre of Managerial Studies in Business Administration. 2016. Vol. XI. Iss. 5 (43). P. 828–841. EDN WYNTER.

14. Opposed-flow flame spread over carbon fiber reinforced plastic under variable flow velocity and oxygen concentration: the effect of in-plane thermal isotropy and anisotropy / Yu. Kobayashi [et al.] // *Proceedings of the Combustion Institute*. 2021. Vol. 38. Iss. 3. P. 4857–4866. DOI: 10.1016/J.PROCI.2020.06.380.

15. Effect of finite dimension on downward flame spread over PMMA slabs: experimental and theoretical study / J. Gong [et al.] // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2015. Vol. 91. P. 225–234. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.07.091.

16. Experimental study on width effects on downward flame spread over thin PMMA under limited distance condition / S. Gao [et al.] // *Case Studies in Thermal Engineering*. 2018. Vol. 13. P. 100382. DOI: 10.1016/j.csite.2018.100382.

17. Головенко В.Р. Организация спасения людей и тушения пожаров при аварии воздушного судна (с разливом авиационного топлива) // *Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Всерос. науч.-практ. конф. СПб., 2022. С. 124–127. EDN LMZDQC.*

18. Крымский В.В., Головенко В.Р. Организация управления тушением пожаров воздушных судов в особых условиях // *Технологии техносферной безопасности*. 2024. № 3 (105). С. 26–39. DOI: 10.25257/TTS.2024.3.105.26-39. EDN TITYOI.

19. Воднев С.А., Матвеев А.В. Оценка эффективности реагирования аварийно-спасательных служб на чрезвычайные ситуации на транспорте // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2019. № 2 (50). С. 110–117. EDN XDDTYZ.

20. Воднев С.А., Матвеев А.В. Многокритериальная система оценки эффективности управления техническим обеспечением аварийно-спасательных служб // *Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России»*. 2018. № 3. С. 72–80. EDN VJMTNU.

21. Таранцев А.А., Скодтаев С.В. О проблеме безопасности пассажиров при аварийном приводнении самолетов // *Морские интеллектуальные технологии*. 2023. № 2-1 (60). С. 236–244. DOI: 10.37220/MIT.2023.60.2.029. EDN KXGPHX.

References

1. Krymskij V.V., Golovenko V.R., Kazakov-Prokop'ev T.A. Organizaciya upravleniya podrazdeleniyami sluzhby protivopozharnogo i avarijno-spasatel'nogo obespecheniya poletov dlya vypolneniya zadach po tusheniyu pozharov i spaseniyu lyudej soglasno trebovaniyam pozharnoj zashchity v zavisimosti ot prisvoennoj aeroportu kategorii // *Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty)*. 2023. № 4 (48). S. 23–29. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2023-4-23-29. EDN FCMTXA.

2. Krymskij V.V., Golovenko V.R., Kazakov-Prokop'ev T.A. Osobennosti upravleniya boevymi dejstviyami pri obespechenii pozharnoj bezopasnosti na vozdushnyh sudah // *Servis bezopasnosti v Rossii: opyt, problemy, perspektivy. Pozharnaya i ekologicheskaya bezopasnost' zdanij v Rossii i EAES: sb. materialov konf. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2023. S. 61–64. EDN: ETJBVL.*

3. Alekhin M.Yu., YAnchenko A.Yu., Krymskij V.V. O prognozirovanii ekonomicheskogo ushcherba ot chrezvychajnyh situacij // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2012. № 2. S. 84–88. EDN PGEXBP.

4. Krymskij V.V., Golovenko V.R. Organizaciya upravleniya pozharnymi podrazdeleniyami s ispol'zovaniem sovremennogo pozharo-spasatel'nogo oborudovaniya pri tushenii pozharov vozdushnyh sudov // *Pozharovzryvobezopasnost'*. 2024. T. 33. № 2. S. 77–90. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.02.77-90. EDN YMWYIU.

5. Krymskij V.V., Golovenko V.R. Razrabotka metodicheskikh osnov organizacii provedeniya uchenij avarijno-spasatel'nyh sluzhb dlya otrabotki dejstvij v chrezvychajnoj situacii avarii vozdushnogo sudna // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2024. № 2 (70). S. 102–116. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-102-116. EDN ABBYVF.

6. Krymskij V.V., Golovenko V.R. Osobennosti upravleniya pri tushenii vozdushnyh sudov pozhamnymi podrazdeleniyami // *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve*. 2023. № 3 (47). S. 115–124. DOI: 10.21685/2227-8486-2023-3-8. EDN XEJWB.T.
7. Golovenko V.R. Issledovanie problemy upravleniya pozhamnymi podrazdeleniyami i razrabotka algoritma prinyatiya reshenij rukovoditelem likvidacii chrezvychajnoj situacii pri avarii vozdushnogo sudna // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2024. № 1 (69). S. 163–173. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-1-163-173. EDN CFZHF.W.
8. Krymskij V.V., Golovenko V.R. Tekhniko-ekonomicheskaya effektivnost' meropriyatij predvaritel'nogo planirovaniya pri upravlenii tusheniem pozharov vozdushnyh sudov // *Problemy sovremennoj ekonomiki*. 2024. № 1 (89). S. 172–175. EDN TFOZUC.
9. Plane crash during COVID-19: Lessons Learnt / A.K. Chinraj [et al.] // *Indian J Orthop*. 2022. Vol. 56 (2). P. 357–364. DOI: 10.1007/s43465-021-00463-w.
10. Situational modeling of transportation problems: applied and didactic aspects / S.Yu. Balychev [et al.] // *Espacios*. 2018. Vol. 39. Iss. 10. P. 27. EDN XXTBVJ.
11. Mazakov E.B., Matrokhina K.V., Trofimets V.Yu. Traffic management at the enterprises of the mineral industry // *Advances in raw material industries for sustainable development goals*. London: CRC Press, 2021. P. 397–405. EDN KENJKF.
12. Trofimets E.N., Trofimets V.Ya. Computer modelling of physical processes described by parabolic type equations // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1047 (1). P. 012140. DOI: 10.1088/1757-899X/1047/1/012140. EDN ZNZRCW.
13. Method for adjusting current appropriations under irregular funding conditions / A.M. Batkovskiy [et al.] // *Journal of Applied Economic Sciences*. Romania: European Research Centre of Managerial Studies in Business Administration. 2016. Vol. XI. Iss. 5 (43). R. 828–841. EDN WYNTER.
14. Opposed-flow flame spread over carbon fiber reinforced plastic under variable flow velocity and oxygen concentration: the effect of in-plane thermal isotropy and anisotropy / Yu. Kobayashi [et al.] // *Proceedings of the Combustion Institute*. 2021. Vol. 38. Iss. 3. P. 4857–4866. DOI: 10.1016/J.PROCI.2020.06.380.
15. Effect of finite dimension on downward flame spread over PMMA slabs: experimental and theoretical study / J. Gong [et al.] // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2015. Vol. 91. P. 225–234. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.07.091.
16. Experimental study on width effects on downward flame spread over thin PMMA under limited distance condition / S. Gao [et al.] // *Case Studies in Thermal Engineering*. 2018. Vol. 13. P. 100382. DOI: 10.1016/j.csite.2018.100382.
17. Golovenko V.R. Organizaciya spaseniya lyudej i tusheniya pozharov pri avarii vozdushnogo sudna (s razlivom aviacionnogo topliva) // *Pozharnaya bezopasnost': sovremennye vyzovy. Problemy i puti resheniya: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. SPb., 2022*. S. 124–127. EDN LMZDQC.
18. Krymskij V.V., Golovenko V.R. Organizaciya upravleniya tusheniem pozharov vozdushnyh sudov v osobyh usloviyah // *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti*. 2024. № 3 (105). S. 26–39. DOI: 10.25257/TTS.2024.3.105.26-39. EDN TITYOI.
19. Vodnev S.A., Matveev A.V. Ocenka effektivnosti reagirovaniya avarijno-spatatel'nyh sluzhb na chrezvychajnye situacii na transporte // *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere*. 2019. № 2 (50). S. 110–117. EDN XDDTYZ.
20. Vodnev S.A., Matveev A.V. Mnogokriterial'naya sistema ocenki effektivnosti upravleniya tekhnicheskim obespecheniem avarijno-spatatel'nyh sluzhb // *Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii»*. 2018. № 3. S. 72–80. EDN VJMTNU.
22. Tarancev A.A., Skodtaev S.V. O probleme bezopasnosti passazhirov pri avarijnom privodnenii samoletov // *Morskie intellektual'nye tekhnologii*. 2023. № 2-1 (60). S. 236–244. DOI: 10.37220/MIT.2023.60.2.029. EDN KXGPHX.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 28.10.2024; одобрена после рецензирования: 12.02.2025;
принята к публикации: 21.02.2025

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 28.10.2024; approved after review: 12.02.2025;
accepted for publication: 21.02.2025

Информация об авторах:

Крымский Виталий Вячеславович, доцент кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат экономических наук, доцент, e-mail: kvv-1982@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8289-691X>, SPIN-код: 1619-8172

Головенко Владислав Романович, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: golovenko.vlad@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4187-281X>, SPIN-код: 2239-7030

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

Information about the authors:

Krymskiy Vitaliy V., associate professor of the department of fire extinguishing and emergency rescue operations of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of economic sciences, associate professor, e-mail: kvv-1982@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8289-691X>, SPIN: 1619-8172

Golovenko Vladislav R., adjunct of the faculty of training highly qualified personnel of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: golovenko.vlad@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4187-281X>, SPIN: 2239-7030

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