

ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТЬ/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2024. Т. 33. № 2. С. 77–90
POZHAROVZRYVBEZOPASNOST/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2024; 33(2):77-90

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ/RESEARCH PAPER

УДК 614.86

<https://doi.org/10.22227/0869-7493.2024.33.02.77-90>

Организация управления пожарными подразделениями с использованием современного пожарно-спасательного оборудования при тушении пожаров воздушных судов

Виталий Вячеславович Крымский ✉, Владислав Романович Головенко

Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий им. Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, г. Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Рассмотрены тактические аспекты управления боевыми действиями по тушению пожаров воздушных судов при возникновении возгорания внутри фюзеляжа. Предложена авторская тактика тушения внутрифюзеляжных пожаров воздушного судна с использованием современного оборудования, стоящего на вооружении в подразделениях Государственной противопожарной службы.

Цель и задачи. Оптимизация и усовершенствование управленческих решений по ликвидации чрезвычайных ситуаций аварий воздушных судов, а также усовершенствование комплектования и оснащения пожарно-спасательных подразделений.

Материалы и методы. В процессе работы рассмотрена применяемая в наши дни тактика тушения подобных пожаров аварийно-спасательными подразделениями, а также проведены пожарно-тактические учения по тушению воздушного судна на территории международного аэропорта. Произведено два расчета ведения боевых действий по тушению пожаров с применением имеющихся сил и средств аварийно-спасательных подразделений: расчет по реально применяемой тактике тушения и расчет тактики тушения, предложенной авторами статьи после апробации ее в ходе учений. В заключении произведен сравнительный анализ полученных из расчетов данных.

Результаты и их обсуждение. В результате исследования была предложена авторская тактика, базирующаяся на применении современной технологии, предназначенной для быстрого тушения пожаров, а именно — установки пожаротушения с гидроабразивной резкой «Кобра». На основании произведенных расчетов, сравнительного анализа и полученных выводов авторы статьи рекомендуют к доукомплектованию подразделений служб поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов нашей страны установками пожаротушения с гидроабразивной резкой «Кобра», которые в данный момент отсутствуют в распоряжении этих служб.

Выводы. В результате исследования был получен обоснованный вывод об эффективности и необходимости внедрения новой тактики тушения пожаров и доукомплектования служб поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов нашей страны установками пожаротушения с гидроабразивной резкой «Кобра». Также в условиях отсутствия графического отображения установки пожаротушения с гидроабразивной резкой «Кобра» в нормативных документах системы МЧС России авторами статьи было разработано и предложено применять в документах предварительного планирования графическое отображение установки пожаротушения с гидроабразивной резкой «Кобра» и внести изменения в нормативную базу МЧС России в виде графического отображения этой установки, так как в настоящее время оно отсутствует.

Ключевые слова: ликвидация чрезвычайной ситуации; летательный аппарат; тактика тушения пожара; фюзеляж самолета; управление боевыми действиями; авиационное происшествие

Благодарности. Авторы статьи выражают благодарность начальнику аварийно-спасательного формирования ООО «Воздушные Ворота Северной Столицы» Тимуре Андреевичу Казакову-Прокопьеву и заместителю начальника Главного управления МЧС России г. Санкт-Петербурга генерал-майору внутренней службы Игорю Валерьевичу Титенку за большую помощь в организации опытных пожарно-тактических учений по тушению воздушного судна с использованием современного пожарно-спасательного оборудования, стоящего на вооружении в гарнизоне г. Санкт-Петербурга.

Для цитирования: Крымский В.В., Головенко В.Р. Организация управления пожарными подразделениями с использованием современного пожарно-спасательного оборудования при тушении пожаров воздушных судов // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2024. Т. 33. № 2. С. 77–90. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.02.77-90

✉ Крымский Виталий Вячеславович, e-mail: kvv-1982@yandex.ru

Organization of management of firefighting units with the use of modern fire and rescue equipment when extinguishing aircraft fires

Vitaly V. Krymsky , Vladislav R. Golovenko

Saint-Petersburg University of State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination on Consequences of Natural Disasters named after Hero of the Russian Federation, Army General E.N. Zinichev, Saint Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Tactical aspects of combat action management for aircraft fire extinguishing in case of fire inside the fuselage are considered. The author's tactics of aircraft fuselage fires extinguishing using modern equipment in service with the State Fire Service units are proposed.

Goal and objectives. Optimization and improvement of management solutions for the elimination of emergency situations of aircraft accidents, as well as improvement of staffing and equipping of fire and rescue units.

Materials and methods. In the process of work the tactics used today to extinguish such fires by emergency rescue units were considered, as well as fire-tactical exercises to extinguish an aircraft on the territory of an international airport were carried out. Two calculations of combat operations on extinguishing fires with the use of available forces and means of rescue units were made: the calculation of the actually used extinguishing tactics and the calculation of the extinguishing tactics proposed by the authors of the paper after approbation of it during the exercises. In conclusion, a comparative analysis of the data obtained from the calculations is made.

Results and their discussion. As a result of the research, the author's tactics were proposed, based on the application of modern technology designed for rapid fire extinguishing, namely, fire extinguishing installations with waterjet cutting "Cobra". Based on the calculations made, comparative analysis and conclusions obtained, the authors of the paper recommend supplementing the units of search and rescuing services of our country's flights with fire extinguishing installations with waterjet cutting "Cobra", which are currently not available to these services.

Conclusions. As a result of the research a reasonable conclusion about the effectiveness and necessity of implementation of new tactics of fire extinguishing and additional staffing of the services of search and rescue support of our country's flights with fire extinguishing units with waterjet cutting "Cobra" was obtained. Also, in the absence of graphical representation of the fire extinguishing installation with waterjet cutting "Cobra" in the regulatory documents of the EMERCOM of Russia, the authors of the paper developed and proposed to use in the pre-planning documents a graphical representation of the fire extinguishing installation with waterjet cutting "Cobra", and to make changes in normative base of the EMERCOM of Russia in the form of graphical representation of this installation, as at present it is absent.

Keywords: emergency situation elimination; aircraft; fire extinguishing tactics; aircraft fuselage; combat operations management; aviation accident

Acknowledgments. The authors of the paper would like to express their gratitude to Timur Andreevich Kazakov-Prokopyev, the head of the emergency rescue formation of the Northern Capital Air Gate LLC, and Igor Valeryevich Titenok, the deputy head of the Main Department of the Ministry of Emergency Situations of Russia in St. Petersburg, Major General of the Internal Service, for his great help in organizing experienced fire-tactical exercises to extinguish an aircraft using modern firefighting and rescue equipment in service in the garrison of St. Petersburg.

For citation: Krymsky V.V., Golovenko V.R. Organization of management of firefighting units with the use of modern fire and rescue equipment when extinguishing aircraft fires. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2024; 33(2):77-90. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.02.77-90 (rus).

 Vitaly Vyacheslavovich Krymsky, e-mail: kvv-1982@yandex.ru

Введение

С точки зрения управления боевыми действиями по тушению пожаров (далее — ТП), для руководителя тушения пожара (далее — РТП) — пожары воздушных судов (далее — ВС) являются самыми быстротечными по времени и одними из самых сложных и непредсказуемых.

В условиях поставленной научной задачи оптимизации и совершенствования управленческих решений по ликвидации чрезвычайных ситуаций аварий воздушных судов, а также усовершенствования комплектования и оснащения пожарно-спасательных под-

разделений рассмотрим основные аспекты по данному вопросу.

В зависимости от места возникновения и характеристик горючей нагрузки на ВС различают следующие виды пожаров:

- пожар разлива авиатоплива под ВС (возможен при аварийном приземлении или заправке ВС авиационным топливом) [1];
- пожар внутри фюзеляжа (рис. 1) (далее — ПВФ) ВС;
- пожар тормозных систем ВС (возможен при экстренном торможении ВС) [2, 3];
- пожар двигателя(ей) ВС (возможен по многим причинам, таким, например, как неисправность



Рис. 1. Вид пассажирского салона внутри фюзеляжа ВС (URL: <https://dzen.ru/a/XxrjQZ-MoEphIOyg>)

Fig. 1. View of passenger cabin inside the aircraft fuselage (URL: <https://dzen.ru/a/XxrjQZ-MoEphIOyg>)

самой силовой установки или попадание в работающий двигатель посторонних предметов) [4].

Из всех перечисленных видов пожаров ВС рассмотрим ПВФ ВС. ПВФ относятся к пожарам в замкнутом объеме. Особенно опасны и непредсказуемы из всех возможных мест в ВС (кабина пилотов, зона разогрева пищи, багажный отсек) пожары в пассажирских салонах из-за паники пассажиров, нехватки свободного места для быстрой подачи огнетушащих веществ (далее — ОВ), высокой пожарной нагрузки, а также выделяющихся ядовитых токсичных веществ из декоративно-отделочных и конструктивных элементов интерьера ВС [5] (искусственные и натуральные материалы наполнения и обивки пассажирских кресел, внутренняя обшивка, напольные материалы).

Для ПВФ характерны:

- высокая задымленность ВС (рис. 2);
- быстрое нарастание температуры t° в верхней части салона ВС и медленное — в зоне пола;
- небольшие размеры самого пожара.

На начальной стадии в момент перехода возгорания в ПВФ среднее значение t° в зоне пожара в 2–4 раза превышает t° в зоне пола. Среднеобъемная t° до момента прогорания обшивки не превышает 250°C . ПВФ имеет тлеющий характер без видимого



Рис. 2. Пример задымления ПВФ (URL: amolety/630-pozhar-v-salone-samoleta-43-foto.html)

Fig. 2. Example of smoke from a fire inside the fuselage (URL: amolety/630-pozhar-v-salone-samoleta-43-foto.html)

пламени, однако он не прекращается до полного выгорания горючей загрузки [6]. Горение происходит по поверхности пассажирских кресел, стен, потолков с дальнейшим распространением на весь объем салона из-за капель от расплавленных синтетических материалов декоративно-отделочных и конструктивных элементов интерьера ВС.

При прогорании обшивки ПВФ усиливается до появления открытого пламени и t° в верхней части салона возрастает (до 900°C). Высокая t° может привести к загоранию и расплавлению сплавов магния, входящих в конструкцию некоторых типов пассажирских кресел, что повлечет за собой дополнительные трудности при тушении [7].

Такие пожары не редкость, рассмотрим подобные чрезвычайные ситуации (ЧС) за последние годы.

1. 25.12.2022 г. США, Нью-Йорк, самолет Airbus A320 авиакомпании JetBlue (США). Во время приготовления к высадке пассажиров у одного из них взорвалась батарея ноутбука. На борту было 127 пассажиров, 7 человек получили травмы.

2. 29.12.2022 г. Россия, Москва, аэропорт Домодево, самолет авиакомпании «Уральские авиалинии» (Россия), рейс Москва – Калининград. Во время подготовки ВС к взлету у одного из пассажиров загорелся внешний аккумулятор. Всех пассажиров эвакуировали, пострадавших нет.

3. 10.01.2023 г. пожар на борту самолета Airbus A320 авиакомпании Scoot Airlines (Сингапур), рейс Тайвань – Сингапур. Причина — возгорание перегревшегося внешнего аккумулятора одного из пассажиров. На борту было 200 пассажиров. Произошло задымление салона. Два пассажира получили ожоги рук, ВС было вынуждено вернуться обратно в Тайвань.

4. 07.02.2023 г. Сан-Диего, самолет Boeing 737 авиакомпании United Airlines (США), рейс Сан-Диего – Ньюарк. Причина — пожар аккумулятора ноутбука в салоне ВС. Самолет был вынужден вернуться в аэропорт отправления. Пострадали 4 человека.

5. 09.05.2023 г. пожар на борту Airbus A321 авиакомпании Scoot Airlines (Сингапур), рейс Бангкок – Сингапур. На борту самолета находилось 230 пассажиров и восемь членов экипажа. Произошло сильное задымление пассажирского салона. ВС было вынуждено вернуться в Бангкок. Пострадавших нет.

Тушение ПВФ определяется следующими факторами:

- наличием или отсутствием пассажиров внутри ВС;
- местом расположения очага пожара.

Наиболее сложно тушить ПВФ при наличии людей. При таком пожаре необходимо одновременно обеспечить быстрое вскрытие всех выходов ВС, вскрытие конструкции фюзеляжа с целью обес-



Рис. 3. СПАСОП аэропорта Пулково (г. Санкт-Петербург) (URL: <https://pulkovo-led.livejournal.com/64176.html>)

Fig. 3. Search, rescue and firefighting support service of Pulkovo Airport (St. Petersburg) (URL: <https://pulkovo-led.livejournal.com/64176.html>)

печения максимально возможной скорости эвакуации пассажиров [8]. Первоочередными задачами тушения ПВФ являются снижение t° и плотности задымления в ВС, быстрая локализация пожара. Для этого ОВ направляются таким образом, чтобы они защищали людей, охлаждали горящую поверхность. Эффективность тушения определяется правильным выбором ОВ и средством их подачи.

Стоит отметить, что тушением пожаров (далее — ТП) ВС занимаются подразделения службы поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов (далее — СПАСОП) (рис. 3). Данные подразделения не относятся к Министерству Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее — МЧС России), а являются структурными подразделениями операторов аэропортов. Однако СПАСОП как специализированное поисковое и аварийно-спасательное подразделение является частью Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее — РСЧС).

При ПВФ ВС на РТП возлагается ответственность по принятию правильных решений в ограниченный интервал времени, так как под угрозой будет находиться жизнь пассажиров и летного экипажа.

РТП необходимо действия личного состава подразделения выстроить следующим образом:

- проникновение личного состава внутрь ВС;
- спасение людей, не успевших эвакуироваться;
- прокладка рукавных линий;
- подача пожарных стволов внутрь фюзеляжа ВС;
- ТП.

Материалы и методы

Смоделируем пожар, аналогичный произошедшему в г. Москве 29.12.2022 г., но допустим, что он может произойти в реальных условиях, если

пожар перешел на внутреннюю обшивку пассажирского салона ВС, и рассмотрим тактику ТП.

В процессе подготовки к взлету ВС от возгорания в ручной клади одного из пассажиров произошло возгорание в хвостовой части пассажирского самолета Sukhoi Superjet 100 (рис. 4).

Данное ВС рассчитано на 87 пассажирских мест (модификация Sukhoi Superjet 100-95В) и обладает следующей компоновкой кресел на 20 рядов, учитывая бизнес-класс (рис. 5).

Произведем необходимые расчеты и рассмотрим тактику ТП данного ВС:

1. Определяем время свободного развития ПВФ ВС:

$$t_{\text{св}} = t_{\text{с}} + t_{\text{сб}} + t_{\text{сл}} + t_{\text{б.р}};$$

$$t_{\text{св}} = 3 + 1 + 3 + 3 = 8 \text{ мин},$$

где $t_{\text{с}}$ — время до обнаружения и сообщения о пожаре, мин;

$t_{\text{сб}}$ — время сбора и выезда подразделений СПАСОП, мин;

$t_{\text{сл}}$ — время следования подразделений к аварийному ВС, мин;

$t_{\text{б.р}}$ — время боевого развертывания первого прибывшего подразделения СПАСОП, мин.

Учитывая практическое время эвакуации людей из ВС, которое составляет 2 мин, принимаем то, что первые прибывшие подразделения СПАСОП не будут участвовать в эвакуации людей, а только в последующем спасении тех, кто не смог самостоятельно эвакуироваться.

2. Определяем расстояние, пройденное ПВФ ВС за время свободного развития:

$$L = 0,5 \cdot V_{\text{лин}} \cdot 10 + V_{\text{лин}} (t_{\text{св}} - 10);$$



Рис. 4. Sukhoi Superjet 100 (URL: sj-100/)

Fig. 4. Sukhoi Superjet 100 (URL: sj-100/)



Рис. 5. Компоновка салона Sukhoi Superjet 100 (URL: amolet/sukhoi-superjet-100)

Fig. 5. Sukhoi Superjet 100 cabin layout (URL: amolet/sukhoi-superjet-100)

$$L = 0,5 \cdot 2,5 \cdot 10 + 2,5 \cdot (10 - 10) = 12,5 \text{ м},$$

где $V_{\text{лин}}$ — линейная скорость распространения пожара, м/мин.

3. Определяем площадь пожара на момент прибытия первого подразделения СПАСОП, достигнув продольных стен пассажирского салона ВС, пожар примет прямоугольную форму.

Ширина пассажирского салона Sukhoi Superjet 100 (А) = 3,24 м:

$$S_{\text{пож}} = A \cdot L;$$

$$S_{\text{пож}} = 3,24 \cdot 12,5 = 40,5 \text{ м}^2.$$

4. Определяем площадь ТП:

$$S_{\text{туш}} = n \cdot A \cdot h_{\text{т}};$$

$$S_{\text{туш}} = 1 \cdot 3,24 \cdot 5 = 16,2 \text{ м}^2,$$

где n — количество направлений, с которых подаются пожарные стволы;

$h_{\text{т}}$ — глубина тушения ручным пожарным стволом, м.

5. Определяем требуемый расход огнетушащих средств:

$$Q_{\text{туш}}^{\text{тр}} = S_{\text{туш}} \cdot I_{\text{тр}};$$

$$Q_{\text{туш}}^{\text{тр}} = 16,2 \cdot 0,15 = 2,43 \text{ л/с},$$

где $I_{\text{тр}}$ — требуемая интенсивность подачи воды.

6. Определяем количество стволов на ТП:

$$N_{\text{ст}}^{\text{туш}} = \frac{Q_{\text{тр}}^{\text{тр}}}{q_{\text{ст}}^{\text{б}}};$$

$$N_{\text{ст}}^{\text{туш}} = \frac{2,43}{3,7} = 0,66 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ для тушения необходим 1 ствол РСК-50,

где $q_{\text{ст}}^{\text{б}}$ — расход воды из ствола РСК-50, л/с.

Таким образом, для ТП ПВФ ВС принимаем 1 ствол РСК-50 с расходом $Q_{\text{туш}}^{\text{тр}} = 3,7 \text{ л/с}$.

7. Определим количество стволов на охлаждение фюзеляжа ВС.

Исходя из боевой обстановки на пожаре ВС и тактических условий, на защиту следует предусмотреть перекрывные стволы с распыленной водой РСК-50 в количестве 2 шт. на охлаждение в хвостовой части самолета, а также 2 ствола РСК-50 для охлаждения крыла и шасси ВС (в крыле содержатся баки авиационного топлива, которые необходимо охлаждать, а содержащаяся в устройстве шасси гидравлическая тормозная система находится под давлением и при перегреве может взорваться):

$$N_{\text{ст}}^{\text{охл}} = 4;$$

$$Q_{\text{охл}}^{\text{тр}} = q_{\text{ст}}^{\text{б}} N_{\text{ст}}^{\text{охл}};$$

$$Q_{\text{охл}}^{\text{тр}} = 3,7 \cdot 4 = 14,8 \text{ л/с}.$$

8. Определим общий требуемый расход воды на ТП и охлаждение фюзеляжа ВС:

$$Q_{\text{общ}}^{\text{тр}} = Q_{\text{туш}}^{\text{тр}} + Q_{\text{охл}}^{\text{тр}};$$

$$Q_{\text{общ}}^{\text{тр}} = 3,7 + 14,8 = 18,5 \text{ л/с}.$$

9. Определим общее количество стволов для локализации пожара:

$$N_{\text{ст}}^{\text{общ}} = N_{\text{ст}}^{\text{туш}} + N_{\text{ст}}^{\text{охл}};$$

$$N_{\text{ст}}^{\text{общ}} = 1 + 4 = 5 \text{ ств. РСК-50}.$$

10. Определим количество л/с:

- работа с 1 стволом РСК-50 на ТП в составе звена газодымозащитной службы (ГДЗС) — 3 человека;
- работа с 4 стволами РСК-50 на защиту — 4 человека;
- РТП — 1 человек;
- для организации бесперебойной подачи воды и транспортировки пострадавших — 7 человек. Всего потребуется $N_{\text{л/с}} = 15$ человек.

11. Определим общее количество отделений для локализации пожара:

$$N_{\text{отд}} = \frac{N_{\text{л/с}}}{n};$$

$$N_{\text{отд}} = \frac{15}{4} = 3,75 \Rightarrow 4 \text{ отделения},$$

где n — количество человек в одном отделении СПАСОП.

Расстановку пожарной техники и распределение личного состава необходимо производить по следующей схеме (рис. 6).

Время развертывания пожарно-спасательного расчета в конце каждой взлетно-посадочной полосы (далее — ВПП) аэропорта не должно превышать 3 мин. Время развертывания определяется экспериментально при оптимальных условиях видимости и состояния дорожного покрытия [9].

Результаты выполнения аварийно-спасательных работ (далее — АСР) и ТП во многом зависят от грамотного руководства, наличия опыта и хладнокровности РТП [10]. Все действия подразделений должны быть качественно скоординированы. Большую роль в этом деле играет радиосвязь.

Важно отметить, что представленная выше тактика ТП ВС является стандартной, однако в процессе написания диссертации на тему «Методика управления боевыми действиями пожарных подразделений при тушении воздушных судов на основе повышения их тактических возможностей» были проведены

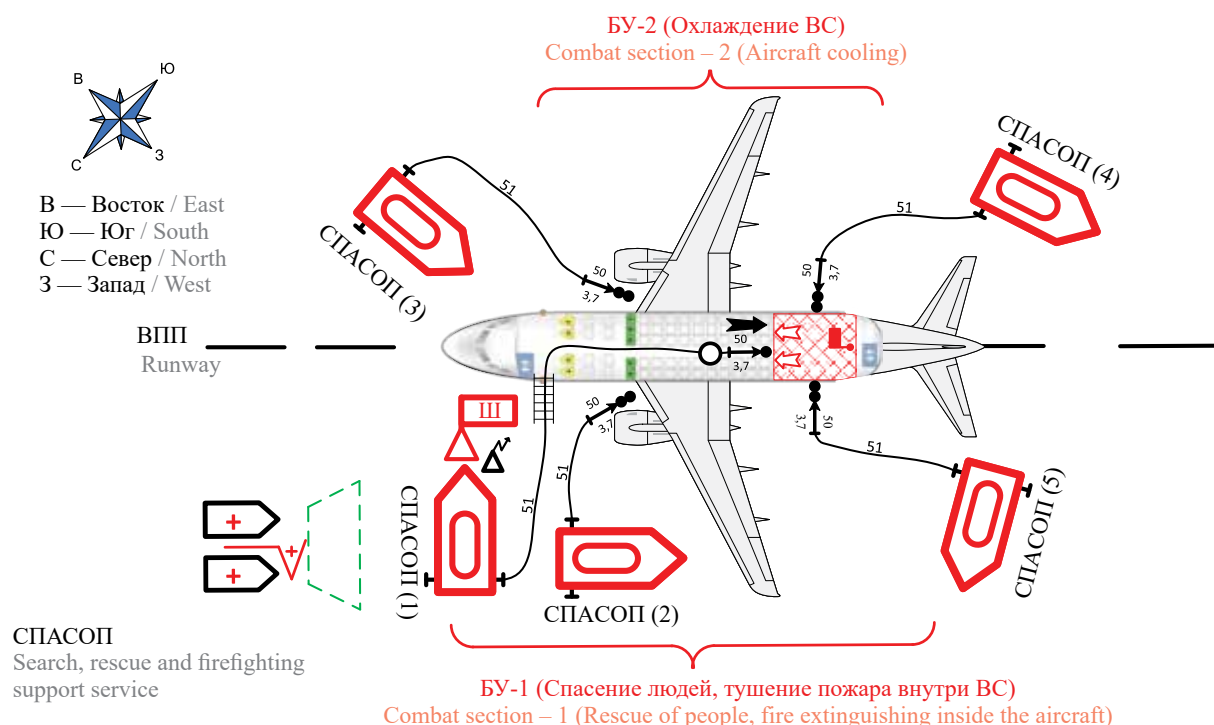


Рис. 6. Расстановка сил и средств при тушении ПВФ самолета Sukhoi Superjet 100 (авторский рисунок)

Fig. 6. Arrangement of forces and means during fire extinguishing inside the fuselage of Sukhoi Superjet 100 aircraft (author's drawing)

совместные опытные пожарно-тактические учения подразделениями СПАСОП аэропорта ООО «Воздушные Ворота Северной Столицы» (аэропорт Пулково, г. Санкт-Петербург) и гарнизоном г. Санкт-Петербурга, в ходе которых была оценена эффективность ТП ВС, произошедших внутри фюзеляжа, с применением установки пожаротушения с гидроабразивной резкой «Кобра» (рис. 7) (далее — КОБРА), которой обеспечены подразделения г. Санкт-Петербурга, но, к сожалению, она пока отсутствует в СПАСОП.

Рассмотрим подробнее принцип действия и тактико-технические характеристики (далее — ТТХ) (рис. 8 и таблица) КОБРЫ.

КОБРА через узкое сопло способна подавать воду, смешанную с абразивом (мелкой металлической стружкой) под давлением в 300 атм. Тем самым КОБРА способна «прогрызать» такие препятствия на пути к ТП, как металл, бетонные стены и т.д. Также КОБРА способна подавать пену.

Благодаря узкому соплу КОБРЫ и тому факту, что вода проникает к очагу пожара сквозь отверстие в преграде, она оказывается в тонкораспыленном состоянии, благодаря чему резко снижает внутреннюю температуру и осаждает задымленность.

На стволе установки находятся 2 спусковых крючка, один из которых отвечает за подачу воды, а другой за подачу абразива, таким образом, как только ствольщик, работающий с установкой, понимает, что преграда «прогрызена», он переходит

в режим тушения внутреннего пожара, отпуская спусковой крючок подачи абразива.

Применение КОБРЫ целесообразно также потому, что участникам ТП не нужно входить в непригодную для дыхания среду (далее — НДС), другими словами, проникать внутрь задымленного фюзеляжа ВС, особенно при проведении эвакуации [11–13]. Таким образом, будет сэкономлено время на включение личного состава в средства индивидуальной защиты органов дыхания (далее — СИЗОД). Также в условиях применения КОБРЫ участники ТП будут находиться в безопасности от воздействия на них опасных факторов пожара (далее — ОФП).

Цель проведенных опытных пожарно-тактических учений — необходимость оценить, насколько эффективно и безопасно применение КОБРЫ в ситуа-



Рис. 7. Установка пожаротушения КОБРА (авторское фото)
Fig. 7. Fire extinguishing unit KOBRA (author's photo)



Рис. 8. ТТХ КОБРЫ (URL: taty-polzovateley/ustanovkoy-pozharotusheniya-s-gidroabrazivnoy-rezkoy-kobra-tth/)

Fig. 8. Tactical and technical characteristics of the COBRA (URL: taty-polzovateley/ustanovkoy-pozharotusheniya-s-gidroabrazivnoy-rezkoy-kobra-tth/)

циях ПВФ ВС. Эмпирическим способом определить время, за которое подразделение может произвести боевое развертывание для применения КОБРЫ, а также установить, за какое время КОБРА может прорезать фюзеляж ВС, состоящий из авиационного алюминия, применяемого в наши дни (марка В95), а также утеплителя и внутренней обшивки пассажирского салона, оценить возможность подачи ОТВ через иллюминатор ВС, так как при крушении ВС экипаж обязан поднимать шторы иллюминатора, а это способствует быстрой оценке СПАСОП мест очага пожара, наличия пассажиров.

При проведении натурных испытаний было зафиксировано, что установка КОБРА на «отлично» справилась с поставленными задачами, так как:

- время развертывания от момента полной остановки пожарного автомобиля до момента приведения КОБРЫ в боевую готовность — 3 мин;
- время «прогрызания» ВС для подачи ОТВ внутрь — 10 с, причем КОБРА пробивает стенку фюзеляжа насквозь, несмотря на то что она состоит из нескольких слоев (рис. 9).

Важно понимать, что КОБРА не должна быть применена к ТП ВС в тех местах, где ею может быть нанесен ущерб здоровью людей, поэтому установку можно применить к ТП в багажном отсеке, либо к тушению пассажирского салона, но только в том случае, если люди будут своевременно эвакуированы, либо в очаговой зоне они отсутствуют.

В ситуации ПВФ ВС, находящегося на взлетно-посадочной полосе (далее — ВПП) аэропорта, можно рассчитывать на то, что эвакуация пассажиров произойдет достаточно оперативно: к ней незамедлительно приступает персонал ВС (стюардессы и пилоты) при первом же сообщении (как только заметят) об открытом огне или задымлении в салоне [14]. Эвакуацию производят с помощью надувных трапов ВС, время разворачивания которых в наши дни составляет всего 3 с.

Рассмотрим тактические варианты применения установки КОБРА.

КОБРА может быть применена как с уровня ВПП, если происходит тушение багажных отсеков (рис. 10), так и с крыла ВС в ситуации возгорания внутри пассажирского салона (рис. 11).

ТТХ КОБРЫ

Tactical and technical characteristics of the COBRA

Параметр Parameter	Значение Meaning	
Рабочее давление, атм Working pressure, atm	280–300	
Расход воды, л/мин Water consumption, l/min	56–60	
Расход пенообразователя, л/мин Foaming agent consumption, l/min	4	
Расход абразива, кг/мин (при резке) Abrasive consumption, kg/min (when cutting)	4,2	
Объем емкости для абразива, л (опционально) Volume of the abrasive tank, l (optional)	10 (20)	
Объем емкости для пенообразователя, л (опционально) Volume of the foaming agent tank, l (optional)	10 (23)	
Длина рукава катушки, м Length of the coil sleeve, m	80	
Ствол-резак Barrel-cutter		
Диаметр сопла, мм Nozzle diameter, mm	2,3	1,6
Габариты: длина × ширина × высота, мм (опционально) Dimensions: length × width × height, mm (optional)	1320 × 100 × 420 (900 × 100 × 420)	
Вес, кг Weight, kg	5,6 (5)	
Скорость резки Cutting speed		
2 мм сталь 2 mm steel	34	
12 мм сталь 12 mm steel	5	
Время проникновения, с Penetration time, s		
3 мм сталь 3 mm steel	5–10	
10 мм сталь 10 mm steel	30–40	
200 мм бетон 200 mm concrete	100	
Скорость подачи воды на выходе из ствола резака, м/с Water supply rate at the outlet of the barrel cutter, m/s	200	
Эффективная дальность струи, м Effective jet range, m	7	
Максимальная дальность струи, м Maximum jet range, m	15	



Рис. 9. Пробитие КОБРОЙ фюзеляжа ВС (авторское фото)
Fig. 9. COBRA penetration of an aircraft fuselage (author's photo)



Рис. 10. Использование КОБРЫ с уровня ВПП к багажному отсеку ВС (авторское фото)
Fig. 10. Use of COBRA from the runway level to the aircraft baggage compartment (author's photo)



Рис. 11. Использование КОБРЫ с крыла ВС (авторское фото)
Fig. 11. Using COBRA from an aircraft wing (author's photo)

Если же возгорание произошло таким образом, что необходимо подать КОБРУ на ТП пассажирского салона, но нет возможности это сделать с крыла ВС, например, пожар произошел в хвостовой части, а конфигурация самого самолета такова, что крыло находится в середине фюзеляжа, как, например, у Sukhoi Superjet 100, то СПАСОП может быть использован специальный автотрап аэропорта (рис. 12).

Результаты данного эксперимента демонстрируют высокие показатели КОБРЫ в ситуации тушения ВС с ПВФ. Также впервые был приобретен опыт эксплуатации КОБРЫ на ВС, что было по достоинству оценено СПАСОП аэропорта Пулково. В связи



Рис. 12. Автотрап на вооружении СПАСОП в аэропорту Пулково (авторское фото)

Fig. 12. Auto ladder in service with search, rescue and firefighting support at Pulkovo Airport (author's photo)

с этим можно рекомендовать КОБРУ к укомплектованию подразделений СПАСОП в аэропортах всей Российской Федерации, особенно при закупке новых пожарных автомобилей комбинированного тушения.

На основе доказанной натурным экспериментом эффективности КОБРЫ проведем расчет, который с математической точки зрения опишет процесс ТП ВС.

За основу расчета возьмем идентичную вышеизложенному расчету ситуацию ПВФ ВС в его хвостовой части (рис. 13). Для успешного ТП необходимо подать 2 ствола КОБРЫ на ТП, с помощью одного будет полностью остановлено распространение пламени, а также образована водяная завеса, которая защитит людей (которые потенциально еще могут остаться в салоне) от воздействия ОФП. Вторым стволом КОБРЫ будет организовано ТП. Так же, как и в предыдущем случае, необходимо подать 2 ствола РСК-50 для охлаждения крыла и шасси ВС, но, в отличие от предыдущего случая, всего 1 ствол РСК-50 на охлаждение хвостовой части фюзеляжа, так как поданные внутрь фюзеляжа 2 ствола КОБРЫ смогут очень быстро снизить t° пожара внутри пассажирского салона.

Важно отметить, что при такой тактике ТП ВС необходимость проникновения внутрь фюзеляжа для участников ТП будет нужна только в том случае, если не все пассажиры успеют самостоятельно эвакуироваться, и понадобится организовать спасение [15–18].

На основе данной боевой задачи и имеющихся сил и средств (СиС) произведем необходимые расчеты:

1. Определяем время свободного развития ПВФ ВС:

$$t_{\text{св}} = t_{\text{с}} + t_{\text{сб}} + t_{\text{сл}} + t_{\text{б.р.}};$$

$$t_{\text{св}} = 3 + 1 + 3 + 3 = 8 \text{ мин},$$

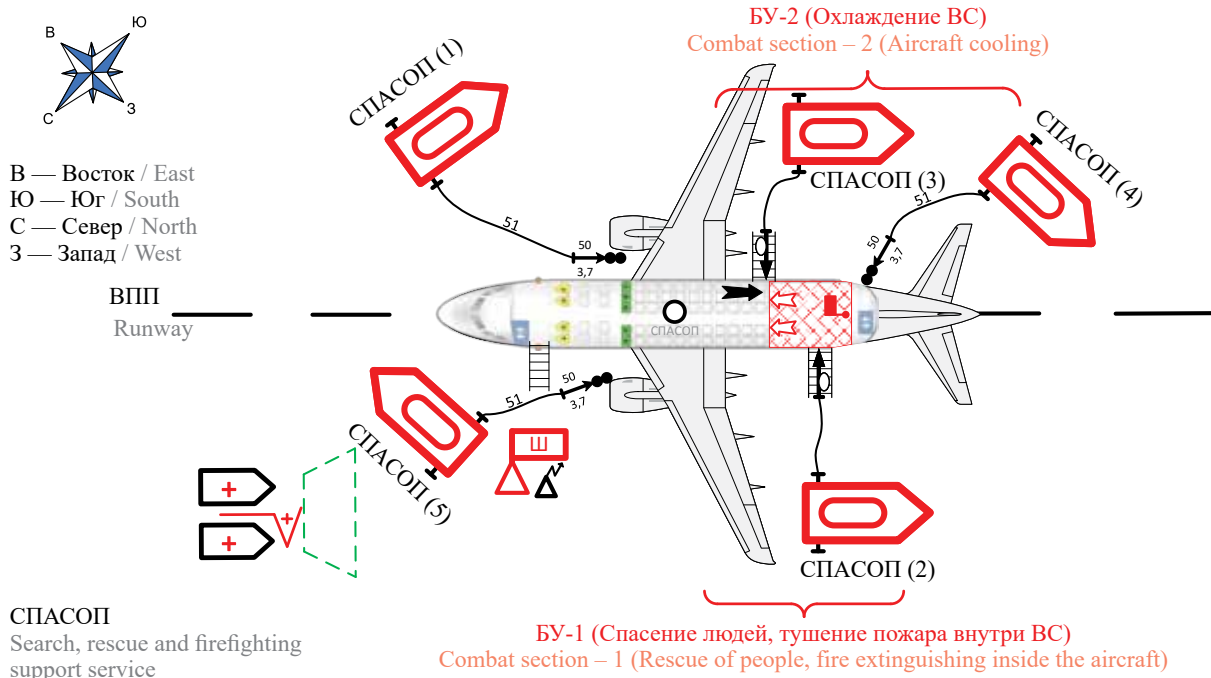


Рис. 13. Расстановка сил и средств при тушении ПВФ самолета Sukhoi Superjet 100 с помощью КОБРЫ (авторский рисунок)

Fig. 13. Arrangement of forces and means during fire extinguishing inside the fuselage of Sukhoi Superjet 100 aircraft using COBRA (author's drawing)

Примем для расчета наихудшее стечение обстоятельств, при котором не все пассажиры успели эвакуироваться из салона, в связи с чем есть необходимость отправить звено ГДЗС на спасение людей.

2. Определяем расстояние, пройденное ПВФ ВС за время свободного развития:

$$L = 0,5 \cdot V_{\text{лин}} \cdot 10 + V_{\text{лин}} \cdot (t_{\text{св}} - 10);$$

$$L = 0,5 \cdot 2,5 \cdot 10 + 2,5 \cdot (10 - 10) = 12,5 \text{ м.}$$

3. Определяем площадь пожара на момент прибытия первого подразделения СПАСОП, достигнув продольных стен пассажирского салона ВС, пожар примет прямоугольную форму.

Ширина пассажирского салона Sukhoi Superjet 100 (А) = 3,24 м:

$$S_{\text{пож}} = A \cdot L;$$

$$S_{\text{пож}} = 3,24 \cdot 12,5 = 40,5 \text{ м}^2.$$

4. Определяем площадь тушения пожара.

Благодаря применению КОБРЫ будет происходить объемное ТП — тушение по всей площади горения, так же, при попадании «точно в цель» — в очаг пламени, огонь будет сбит высоким напором, что максимально повысит эффективность тушения:

$$S_{\text{туш}} = S_{\text{пож}};$$

$$S_{\text{туш}} = 40,5 \text{ м}^2.$$

5. Определяем требуемый расход огнетушащих средств.

Для расчета на ТП примем только 1 из 2 стволов КОБРЫ, так как второй, согласно тактическому замыслу, будет отвечать за прекращение распространения пламени и защиту оставшихся внутри пассажирского салона людей от воздействия ОФП:

$$Q_{\text{туш}}^{\text{тр}} = Q_{\text{к}};$$

$$Q_{\text{туш}}^{\text{тр}} = 1 \text{ л/с,}$$

$$(60 \text{ л/мин} = 1 \text{ л/с}).$$

6. Определяем количество стволов на тушение.

Для ТП необходим 1 ствол КОБРЫ.

7. Определим количество стволов на охлаждение фюзеляжа ВС.

Исходя из боевой обстановки на пожаре ВС и тактических условий, на защиту следует предусмотреть перекрывной ствол с распыленной водой РСК-50 на охлаждение в хвостовой части самолета, а также 2 ствола РСК-50 для охлаждения крыла и шасси ВС, также к количеству стволов на защиту учтем ствол КОБРЫ, который подан внутрь фюзеляжа на отсечение пламени и защиту пострадавших от ОФП:

$$N_{\text{ст}}^{\text{охл}} = 4 \text{ ств. РСК-50} + 1 \text{ ств. «Кобра»};$$

$$Q_{\text{охл}}^{\text{тр}} = q_{\text{ст}}^{\text{б}} \cdot N_{\text{ст}}^{\text{охл}} + Q_{\text{к}};$$

$$Q_{\text{охл}}^{\text{тр}} = 3,7 \cdot 3 + 1 = 12,1 \text{ л/с.}$$

8. Определим общий требуемый расход воды на ТП и охлаждение фюзеляжа ВС:

$$Q_{\text{общ}}^{\text{тр}} = Q_{\text{туш}}^{\text{тр}} + Q_{\text{охл}}^{\text{тр}};$$

$$Q_{\text{общ}}^{\text{тр}} = 1 + 12,1 = 13,1 \text{ л/с.}$$

9. Определим общее количество стволов для локализации пожара:

$$N_{\text{ст}}^{\text{общ}} = N_{\text{ст}}^{\text{туш}} + N_{\text{ст}}^{\text{охл}};$$

$$N_{\text{ст}}^{\text{общ}} = 2 \text{ ств. «Кобра»} + 3 \text{ ств. РСК-50.}$$

10. Определим количество л/с:

- работа с 2 стволами КОБРЫ на ТП — 4 человека (так как для работы со стволом достаточно всего 2 человек (рис. 11));
- работа с 3 стволами РСК-50 на защиту — 3 человека;
- звено ГДЗС на спасение пассажиров — 3 человека;
- РТП — 1 человек;
- для организации бесперебойной подачи воды — 5 человек.

Всего потребуется $N_{\text{л/с}} = 16$ человек.

11. Определим общее количество отделений для локализации пожара:

$$N_{\text{отд}} = \frac{N_{\text{л/с}}}{n};$$

$$N_{\text{отд}} = 16/4 = 4 \text{ отделения.}$$

Результаты

Для обоснования эффективности тактики тушения ПВФ ВС с применением КОБРЫ сравним выходные данные первого и второго расчета:

1. По расходу воды более эффективна тактика ТП с применением КОБРЫ, так как $Q_{\text{общ}}^{\text{тр}}$ при первом варианте был равен 18,5 л/с, а при втором — всего 13,1 л/с, что при необходимости создает возможности как для дополнительного маневра, так и для увеличения времени ТП;

2. По количеству задействованных для ТП отделений, с точки зрения расчета, вторая рассматриваемая тактика ТП не стала эффективнее, так как в обоих случаях будет необходимо задействовать 4 отделения, однако важно помнить, что во втором случае участникам ТП не придется проникать внутрь фюзеляжа, что уберет их от воздействия ОФП, а звену ГДЗС, направленному на спасение, не нужно будет заниматься внутрифюзеляж-



Рис. 14. Предлагаемое авторами графическое отображение КОБРЫ (авторский рисунок)

Fig. 14. The authors' proposed graphical representation of COBRA (author's drawing)

ным тушением (и прокладывать внутрь фюзеляжа рабочую рукавную линию со стволом, что крайне неудобно делать в условиях узкого пассажирского салона), что позволит ему целиком сконцентрироваться на спасении пассажиров. Причем звено ГДЗС будет также защищено от воздействия ОФП благодаря КОБРЕ, поданной на прекращение распространения пожара.

3. С точки зрения времени разворачивания отделений и подачи стволов:

- участникам ТП не придется «включаться» в СИЗОД, что позволит после разворачивания КОБРЫ ($t = 3$ мин, равное боевому разворачиванию обычной рукавной линии) сразу приступить к ТП (время «пробития» фюзеляжа с помощью КОБРЫ равняется 10 с (эмпирически полученные данные), что, несомненно, быстрее, чем путь звена к очагу ПВФ ВС);
- благодаря распыленной воде, проникающей напрямую в очаг горения, ТП происходит объемным способом, что еще и позволяет резко снизить t^0 в зоне горения, в связи с чем пожар будет потушен намного быстрее.

Также важно отметить, что для КОБРЫ не имеется графического отображения в приказе МЧС

России от 16 октября 2017 г. № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации ТП и проведения аварийно-спасательных работ», в связи с чем авторами данной работы предлагается свой вариант графического отображения КОБРЫ (рис. 14), а также рекомендуется к внесению в вышеупомянутый приказ МЧС России.

Выводы

На основе сравнения полученных результатов можно сделать вывод о том, что предложенная тактика ТП по всем основополагающим критериям эффективности тушения значительно превосходит стандартную (применяемую в наши дни) тактику тушения ПВФ ВС, в связи с чем авторы статьи рекомендуют к укомплектованию подразделений служб поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов РФ установки КОБРА, которые в данный момент отсутствуют в распоряжении этих служб.

ПВФ ВС происходят весьма регулярно, однако большинство из таких пожаров ВС ликвидируется сразу при обнаружении очага и огонь не успевает перейти на пассажирские кресла или внутреннюю обшивку ВС [19–21]. Однако пожарно-спасательные подразделения СПАСОП всегда должны быть готовы к худшему сценарию развития событий, что позволит им спасти людей, а также снизить возможный экономический ущерб от случившегося пожара, сохранив ВС в целостности. В связи с чем в реалиях современного мира необходимо постоянно совершенствовать технологии, методы и тактику ТП ВС.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. 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
2. Крымский В.В., Ильницкий С.В., Гайдукевич А.Е. Автоматизация учета, эксплуатации, испытаний и работы пожарной техники и пожарно-технического вооружения и оборудования // Аудит и финансовый анализ. 2020. № 1. С. 238–242. DOI: 10.38097/AFA.2020.16.25.034
3. Крымский В.В., Головенко В.Р. Современное состояние вопроса управления оперативно-тактическими действиями пожарных подразделений при тушении воздушных судов // Угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах в условиях проведения специальной военной операции : мат. межвуз. семинара (г. Санкт-Петербург 6 октября 2022 г.). СПб. : С.-Петерб. ун-т ГПС МЧС России, 2022. С. 52–55.
4. Крымский В.В. Оценка ущерба специалистами в области техногенных и природных чрезвычайных ситуаций // Аудит и финансовый анализ. 2016. № 5. С. 408–411.
5. Абрамов А.В., Одинец М.А., Крымский В.В. Анализ методик по оценки эффективности систем для планирования ресурсов предприятия // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 1 (33). С. 125–131.
6. Головенко В.Р. Специфика тушения пожаров воздушных судов // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации : мат. VIII Междунар. науч.-практ. конф., в 2 ч. г. Москва, 17–18 марта 2022 г. Ч. 1. М. : Академия ГПС МЧС России, 2022. С. 260–263.

7. Головенко В.Р. Управление действиями пожарных подразделений при крушении самолета // Актуальные вопросы пожаротушения : сб. мат. II Всеросс. круглого стола. г. Иваново, 26 мая 2022 года. Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. С. 53–61.
8. Таранцев А.А., Скودтаев С.В. О проблеме безопасности пассажиров при аварийном приводнении самолетов // Морские интеллектуальные технологии. 2023. № 2–1(60). С. 236–244. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54045138> DOI: 10.37220/MIT.2023.60.2.029
9. Balychev S.Yu., Batkovskiy A.M., Kravchuk P.V., Trofimets E.N., Trofimets V.Ya. Situational modeling of transportation problems: applied and didactic aspects // *Espacios*. 2018. Vol. 39. Issue 10. P. 27.
10. Lozhkin V., Lozhkina O., Rogozinsky G., Malygin I. On information technology development for monitoring of air pollution by road and water transport in large port cities (St. Petersburg, Vladivostok and Sevastopol) // *Communications in Computer and Information Science*. 2020. Vol. 1201. Pp. 384–396. DOI: 10.1007/978-3-030-46895-8_30
11. Матрохина К.В., Трофимец В.Я., Мазиков Е.Б., Маховиков А.Б., Хайкин М.М. Развитие методологии сценарного анализа инвестиционных проектов предприятий минерально-сырьевого комплекса // *Записки горного института*. 2023. Т. 259. С. 112–124. DOI: 10.31897/PMI.2023.3
12. Mazakov E.B., Matrokhina K.V., Trofimets V.Y. Traffic management at the enterprises of the mineral industry // *Advances in raw material industries for sustainable development goals*. London : CRC Press, 2021. Pp. 397–405. DOI: 10.1201/9781003164395-50
13. Delichatsios M.A. Surface extinction of flames on solids: some interesting results // *Proceedings of the Combustion Institute*. 2007. Vol. 31. Issue 2. Pp. 2749–2756. DOI: 10.1016/j.proci.2006.08.032
14. 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
15. Batkovskiy A.M., Semenova E.G., Trofimets E.N., Trofimets V.Ya., Fomina A.V. Method for adjusting current appropriations under irregular funding conditions // *Journal of Applied Economic Sciences*, Romania: European Research Centre of Managerial Studies in Business Administration. 2016. Vol. XI. Issue 5 (43). Pp. 828–841.
16. Kobayashi Y., Terashima K., Oiwa R., Tokoro M., Takahashi S. 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 // *Proceedings of the Combustion Institute*. 2021. Vol. 38. Issue 3. Pp. 4857–4866. DOI: 10.1016/J.PROCI.2020.06.380
17. Gong J., Zhou X., Li J., Yang L. Effect of finite dimension on downward flame spread over PMMA slabs: experimental and theoretical study // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2015. Vol. 91. Pp. 225–234. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.07.091
18. Gao S., Zhu G., Gao Y., Zhou J. Experimental study on width effects on downward flame spread over thin PMMA under limited distance condition // *Case Studies in Thermal Engineering*. 2018. Vol. 13. P. 100382. DOI: 10.1016/j.csite.2018.100382
19. Ковырзин М.С., Бочкарев А.Н., Семенов А.Д. К вопросу безотказности установки пожаротушения «Кобра» при подаче огнетушащей пены // Надежность и долговечность машин и механизмов : сб. мат. XII Всеросс. науч.-практ. конф. Иваново, 2021. С. 65–69.
20. Станкус А.Р., Ефименко В.Л. Современная система пожаротушения «Кобра» // *Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования*. 2019. № 3. С. 173–182.
21. Сошнев И.В., Бородин В.А. Применение установки гидроабразивной резки при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ // *Актуальные вопросы пожаротушения : сб. мат. II Всеросс. круглого стола, Иваново, 2022. С. 149.*

REFERENCES

1. Krymsky V.V., Golovenko V.R. Features of control when extinguishing aircraft by fire departments. *Models, Systems, and Networks in Economics, Technology, Nature, and Society*. 2023; 3(47):115-124. DOI: 10.21685/2227-8486-2023-3-8 (rus).
2. Krymsky V.V., Ilnitsky S.V., Gaidukevich A.E. Automation of accounting, operation, testing and operation of fire equipment and fire-technical weapons and equipment. *Audit and Financial Analysis*. 2020; 1:238-242. DOI: 10.38097/AFA.2020.16.25.034 (rus).
3. Krymsky V.V., Golovenko V.R. The current state of the issue of managing operational and tactical actions of fire departments when extinguishing aircraft. *Threats of emergency situations at potentially dangerous facilities in conditions of a special military operation : materials of the interuniversity seminar, St. Petersburg, October 6, 2022*. Saint Petersburg, St. Petersburg University of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2022; 52-55. (rus).
4. Krymsky V.V. Assessment of damage by specialists in the field of man-made and natural emergencies. *Audit and Financial Analysis*. 2016; 5:408-411. (rus).

5. Abramov A.V., Odinets M.A., Krymsky V.V. Analysis of methods for evaluating the effectiveness of systems for enterprise resource planning. *Problems of Risk Management in the Technosphere*. 2015; (33):125-131. (rus).
6. Golovenko V.R. Specifics of extinguishing aircraft fires. *Firefighting: problems, technologies, innovations : materials of the VIII Scientific and Practical International Conference, at 2 a.m., Moscow, March 17–18, 2022. Part 1*. Moscow, Academy of the State Fire Service of the Ministry of Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters of the Russian Federation, 2022; 260-263. (rus).
7. Golovenko V.R. Office of the President of the Russian Federation. *Current management issues : collection of materials of the II All-Russian Round Table, Ivanovo, May 26, 2022*. Ivanovo, Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2022; 53-61. (rus).
8. Tarantsev A.A., Skodtaev S.V. About the problem of passenger safety during the emergency landing of aircraft. *Marine Intelligent Technologies*. 2023; 2-1(60):236-244. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54045138> DOI: 10.37220/MIT.2023.60.2.029 (rus).
9. Balychev S.Yu., Batkovsky A.M., Kravchuk P.V., Trofimets E.N., Trofimets V.Ya. Situational modeling of transport problems: applied and didactic aspects. *Espacios*. 2018; 39(10):27.
10. Lozhkin V., Lozhkina O., Rogozinsky G., Malygin I. On the development of information technologies for monitoring atmospheric air pollution by road and water transport in large port cities (St. Petersburg, Vladivostok and Sevastopol). *Communications in Informatics*. 2020; 1201:384-396. DOI: 10.1007/978-3-030-46895-8_30 (rus).
11. Matrokhina K.V., Trofimets V.Yu., Mazakov E.B., Makhovikov A.B., Khaykin M.M. Development of a methodology for scenario analysis of investment projects of enterprises of the mineral resource complex. *Bulletin of the Mining Institute*. 2023; 259:112-124. DOI: 10.31897/PMI.2023.3 (rus).
12. Mazakov E.B., Matrokhina K.V., Trofimets V.Yu. Traffic flow management at enterprises of the mineral industry. *Achievements in the Raw Materials Industries to Achieve the Goals of Sustainable Development*. London, CRC Press, 2021; 397-405.
13. Delichatsios M.A. Surface flame extinguishing on solids: some interesting results. *Proceedings of the Combustion Institute*. 2007; 31(2):2749-2756. DOI: 10.1016/j.proci.2006.08.032
14. Trofimets E.N., Trofimets V.Ya. Computer modeling of physical processes described by parabolic type equations. *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering*. 2021; 1047(1):012140. DOI: 10.1088/1757-899X/1047/1/012140
15. Batkovsky A.M., Semenova E.G., Trofimets E.N., Trofimets V.Ya., Fomina A.V. Method of adjusting current allocations in conditions of irregular financing. *Journal of Applied Economic Sciences, Romania: European Research Center for Management Studies in the field of business administration*. 2016; XI:5(43):828-841.
16. Kobayashi Yu., Terashima K., Oiva R., Tokoro M., Takahashi S. Propagation of the flame of the counterflow through carbon fiber reinforced plastic at variable flow velocity and oxygen concentration: the influence of thermal isotropy and anisotropy in the plane. *Proceedings of the Combustion Institute*. 2021; 38(3):4857-4866. DOI: 10.1016/J.PROCI.2020.06.380
17. Gong J., Zhou H., Li J., Yang L. The effect of finite size on flame propagation down PMMA plates: an experimental and theoretical study. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2015; 91:225-234. DOI: 10.1016/J.ijheat-masstransfer.2015.07.091
18. Gao S., Zhu G., Gao Yu., Zhou J. Experimental study of the effect of width on flame propagation down a thin PMMA under conditions of limited distance. *Case Studies in Thermal Engineering*. 2018; 13:100382. DOI: 10.1016/j.csite.2018.100382
19. Kovyrzin M.S., Bochkarev A.N., Semenov A.D. On the issue of reliability of the fire extinguishing system “Cobra” when applying fire extinguishing foam. *Reliability and Durability of Machines and Mechanisms : collection of materials of the xii All-Russian scientific and practical conference*. Ivanovo. 2021; 65-69. (rus).
20. Stankus A.R., Efimenko V.L. Modern fire extinguishing system “Cobra”. *Fire and Technosphere Safety: Problems and Ways of Improvement*. 2019; 3:173-182. (rus).
21. Soshnev I.V., Borodin V.A. The use of a waterjet cutting installation in extinguishing fires and conducting emergency rescue operations. Installation for the use of waterjet cutting in firefighting and emergency rescue operations. *Topical Issues of Firefighting : collection of materials II Sun*. Ivanovo, 2022; 149. (rus).

Поступила 24.11.2023, после доработки 10.01.2024;

принята к публикации 22.01.2024

Received November 24, 2023; Received in revised form January 10, 2024;

Accepted January 22, 2024

Информация об авторах

КРЫМСКИЙ Виталий Вячеславович, канд. эконом. наук, доцент, заместитель начальника Института профессиональной подготовки, Санкт-Петербургский университет

Information about the author

Vitaly V. KRYMSKY, Cand. Sci. (Econom.), Docent, Deputy Head of Institute of Professional Training, Saint-Petersburg University of State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation

Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский пр-т, 149; ORCID: 0000-0001-8289-691X; e-mail: kvv-1982@yandex.ru

ГОЛОВЕНКО Владислав Романович, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации, Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева, Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, Московский пр-т, 149; ORCID: 0000-0003-4187-281X; e-mail: golovenko.vlad@mail.ru

Вклад авторов:

Крымский Виталий Вячеславович — *идея; научное редактирование текста.*

Головенко Владислав Романович — *сбор материала; обработка материала, написание статьи.*

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ration for Civil Defense, Emergencies and Elimination on Consequences of Natural Disasters named after Hero of the Russian Federation, Army General E.N. Zinichev, Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; ORCID: 0000-0001-8289-691X; e-mail: kvv-1982@yandex.ru

Vladislav R. GOLOVENKO, Postgraduate Student, Saint-Petersburg University of State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination on Consequences of Natural Disasters named after Hero of the Russian Federation, Army General E.N. Zinichev, Moskovskiy Avenue, 149, Saint Petersburg, 196105, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-4187-281X; e-mail: golovenko.vlad@mail.ru

Contribution of the authors:

Vitaly V. Krymsky — *idea; scientific text editing.*

Vladislav V. Golovenko — *collecting material; processing material, writing an article.*

The authors declare no conflicts of interests.