

УДК 614.842.83.07/08

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ НА ВОЗДУШНОМ СУДНЕ

А. В. ЕРМИЛОВ, А. В. КУЗНЕЦОВ, С. Н. НИКИШОВ, И. В. БАГАЖКОВ

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

Российская Федерация, г. Иваново

E-mail: skash_666@mail.ru, a.kuznetsov9@yandex.ru, mordov5988@mail.ru, big-99@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы обеспечения пожарной безопасности воздушных судов и оптимизации действий аварийно-спасательных подразделений при ликвидации возгораний.

Цель статьи: исследовать тактические возможности аэродромных пожарных автомобилей по подаче огнетушащих веществ на тушение пожара воздушного судна и уточнить алгоритм действий руководителя тушения пожара, являющегося составной частью поддержки принятия управленческих решений.

Для достижения поставленной цели применялись следующие **методы исследования:** анализ статистики авиационных происшествий за период 2016–2023 гг. с целью выявления основных аварийных ситуаций, связанных с пожаром; анализ тактических возможностей пожарных автомобилей с целью определения расхода основных лафетных стволов, установленных на надстройке пожарного автомобиля; анализ специальной литературы с целью определения особенностей эксплуатации лафетных стволов на месте ликвидации аварийной ситуации; моделирование дальности подачи огнетушащих веществ для определения оптимальных расстояний боевых позиций аэродромных пожарных автомобилей; синтез действий руководителя тушения пожара, включающий оценку оперативной обстановки, организацию подачи огнетушащих средств и тактику тушения пожара.

Результаты исследования. Анализ сертификатов соответствия аэродромных автомобилей, используемых в гражданской авиации Российской Федерации, позволил уточнить, что номинальный расход воды и водного раствора пенообразователя в большинстве характеристик лафетных стволов составляет 60 л/с. Результаты моделирования показали, что максимальная дальность подачи огнетушащих веществ достигается при углах подъема ствола 26–30 градусов. При отрицательных углах, например, при –15 градусах, дальность снижается до 9–10 метров. При расходе ствола 40 л/с и напоре 40 м вод. ст. дальность подачи составляет 49 м; при напоре 50 м вод. ст. – 54,4 м; при напоре 60 м вод. ст. – 59,6 м; при напоре 70 м вод. ст. – 64,3 м; при напоре 80 м вод. ст. – 69 м. При расходе ствола 60 л/с и напоре 60 м вод. ст. дальность подачи составляет 64,2 м; при напоре 70 м вод. ст. – 72,3 м; при напоре 80 м вод. ст. – 76 м; при напоре 90 м вод. ст. – 79,6 м; при напоре 100 м вод. ст. – 82 м. Полученные результаты позволили уточнить алгоритм действий руководителя тушения пожара, который состоит из трех блоков: блок 1 – следование к месту аварии; блок 2 – разработка тактического замысла; блок 3 – действия в процессе тушения пожара. Предложенный алгоритм интегрируется в систему поддержки принятия управленческих решений, повышая эффективность ликвидации аварийных ситуаций.

Новизна исследования заключается в комплексном подходе к управлению тушением пожаров на воздушном судне, включая анализ статистических данных, моделирование и разработку алгоритма действий руководителей тушения пожара.

Ключевые слова: воздушные суда, площадь пожара, управленческое решение, руководитель тушения пожара, лафетные стволы, алгоритм тушения.

SUPPORT FOR MANAGEMENT DECISIONS IN FIRE EXTINGUISHING ON AN AIRCRAFT

A. V. ERMILOV, A. V. KUZNETSOV, S. N. NIKISHOV, I. V. BAGAZHKOV

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education

«Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

E-mail: skash_666@mail.ru, a.kuznetsov9@yandex.ru, mordov5988@mail.ru, big-99@mail.ru

The article examines the issues of ensuring the fire safety of aircraft and optimizing the actions of emergency rescue units in the elimination of fires.

The purpose of the article is to investigate the tactical capabilities of airfield fire trucks to supply fire extinguishing agents to extinguish an aircraft fire and to clarify the algorithm of actions of the fire extinguishing manager, which is an integral part of management decision support.

To achieve this goal, the following research **methods** were used: analysis of aviation accident statistics for the period 2016-2023 in order to identify the main fire-related emergencies; analysis of the tactical capabilities of fire trucks in order to determine the consumption of the main carriage barrels installed on the superstructure of the fire truck; analysis of special literature in order to determine the features in the operation of carriage barrels on site emergency response; modeling of the range of fire extinguishing agents to determine the optimal distances for the combat positions of airfield fire trucks; synthesis of the actions of the fire extinguishing manager, including an assessment of the operational situation, the choice of a decisive direction, the organization of the supply of extinguishing agents and fire extinguishing tactics.

The results of the study. An analysis of the certificates of conformity of airfield vehicles used in civil aviation of the Russian Federation made it possible to clarify that the nominal consumption of water and an aqueous solution of foaming agent in most characteristics of carriage barrels is 60 liters/s. The simulation results showed that the maximum range of fire extinguishing agents is reached at barrel elevation angles of 26-30 degrees. At negative angles, for example, at -15 degrees, the range is reduced to 9-10 meters. With a barrel flow rate of 40 l/s and a pressure of 40 m of water, the supply range is 49 m, at a pressure of 50 m of water – 54.4 m, at a pressure of 60 m of water – 59.6 m, at a pressure of 70 m of water – 64.3 m, at a pressure of 80 m of water – 69 m. With a barrel flow rate of 60 l/s and a pressure of 60 m of water, the supply range is 64.2 m, at a pressure of 70 m of water, 72.3 m, at a pressure of 80 m of water, 76 m, at a pressure of 90 m of water – 79.6 m, at a pressure of 100 m of water – 82 m. The results obtained made it possible to clarify the algorithm of actions of the fire extinguishing manager, which consists of three blocks: block 1 – following the accident site; block 2 – developing a tactical plan.; Block 3 – actions in the process of extinguishing a fire. The proposed algorithm is integrated into the management decision support system, increasing the efficiency of emergency response.

The novelty of the research lies in an integrated approach to fire extinguishing management in an aircraft, including statistical data analysis, modeling, and the development of an action algorithm for fire extinguishing managers.

Keywords: aircraft, fire area, management decision, fire extinguishing supervisor gun carriage trunks, extinguishing algorithm.

Введение

Воздушный транспорт играет ключевую роль в глобальной экономике, обеспечивая высокоскоростные грузовые и пассажирские перевозки, развитие международной торговли и туризма. Для многих государств авиация является стратегически важной отраслью, вносящей значительный вклад в валовой внутренний продукт. Согласно ежегодному отчету о технике безопасности International Civil Aviation Organization (далее – ICAO) в 2023 году мировой пассажиропоток продолжал расти после спада из-за пандемии, вызванной вирусом COVID-19. По всему миру было перевезено около 4,2 миллиарда пассажиров, по сравнению с 3,2 миллиардами пассажиров в 2022 году. Несмотря на то, что пассажиропоток в 2023 году был ниже докризисного уровня (2019 год), когда по всему миру было перевезено 4,5 миллиарда пассажиров, в 2023 году он вырос по сравнению с 2022 годом примерно на 30 %. Количество рейсов регулярных коммерческих перевозок про-

должало расти: в 2023 году их число составило более 35 миллионов, по сравнению с примерно 31 миллионом в 2022 году¹.

Интенсивная эксплуатация воздушных судов нередко связана с аварийными ситуациями, в том числе с человеческими жертвами. В ICAO существует 36 категорий авиационных происшествий. Пожары, связанные с воздушными судами, представляют собой одну из наиболее опасных аварийных ситуаций, способных привести к катастрофическим последствиям не только в плане человеческих жертв, но и значительных экономических потерь. Поэтому для исследования представляются интересными две категории: F-NI – пожар или задымление внутри или на борту воздушного судна, в полёте или на земле, не являющиеся результатом столкновения; F-POST – пожар/задымление, возникшее в результате удара. Примеры аварийных ситуаций по категориям F-NI и F-POST на воздушных судах за 2016-2023 гг. рассмотрены в табл. 1.

¹ Safety Report. International Civil Aviation Organization, 2024. 29 p.

Таблица 1. Аварийные ситуации на воздушных судах за 2016-2023 гг.

Дата	Вид воздушного судна	Страна	Код аварийной ситуации	Жертвы со смертельным исходом
2016-07-27	ATR ATR72	Morocco	F-NI	-
2017-03-28	Boeing 737-300	Peru	F-POST	-
2018-01-05	Boeing 737-800/ Boeing 737-800	Canada	GCOL, F-POST, EVAC	-
2018-02-13	Airbus A330-200	Nigeria	SCF-PP, F-NI, EVAC	-
2018-03-12	de Havilland Dash 8-400	Nepal	RE, F-POST, ARC	51
2018-04-18	Airbus A330-323	United States	SCF-PP, F-NI	-
2018-07-28	ATR 72-212A	Vanuatu	RE, F-NI, LOC-G, SCF-PP	-
2019-02-28	Embraer ERJ 190-200	United Kingdom	F-NI, EVAC	-
2019-05-05	Sukhoi Superjet 100-95B	Russian Federation	ARC, WSTRW, RE, F-NI, EVAC	41
2019-06-27	Antonov An-24RV	Russian Federation	RE, SCF-PP, F-POST	2
2019-08-27	Airbus A330-300	China	F-NI	-
2020-07-22	Boeing 777-200F	China	F-NI	-
2021-08-23	Boeing 737-900	United States	EVAC, F-NI	-
2022-05-12	Airbus A319-100	China	RE, F-POST, EVAC	-
2022-06-21	Boeing MD80	United States	ARC, RE, F-POST, EVAC, SCF-NP	-
2022-07-18	Fokker50	Somalia	ARC, WSTRW, LOC-I, F-POST, RE	-
2022-11-18	Airbus A320-200	Peru	2 RI, ADRM, F-POST	2
2023-01-15	ATR ATR72-200	Nepal	LOC-I; F-POST	72
2023-09-30	BOEING 737-9 Max	United States	F-NI	-

Проанализировав примеры пожаров на воздушных судах, можно утверждать, что в большинстве случаев чрезвычайная ситуация представляет собой совокупность аварийных ситуаций, среди которых встречаются:

1. ARC – любая посадка или взлёт, при которых происходит ненормальный контакт с взлётно-посадочной полосой или её поверхностью.

2. EVAC – происшествие, при котором: (а) человек (люди) был (были) травмированы во время эвакуации; (б) была проведена ненужная эвакуация; (в) эвакуационное оборудование не сработало должным образом; или (г) эвакуация усугубила тяжесть происшествия.

3. GCOL – столкновение при рулении на взлётно-посадочную полосу или с ней.

4. LOC-G – потеря управления воздушным судном на земле.

5. RE – уход на второй круг или выезд за пределы взлётно-посадочной полосы.

6. RI – любое происшествие на аэродроме, связанное с неправильным размещением воздушного судна, транспортного средства или человека на охраняемой территории, предназначенной для посадки и взлёта самолётов.

7. SCF-NP – отказ/или неисправность системы или компонента воздушного судна кроме силовой установки.

8. SCF-PP – отказ/или неисправность системы или компонента воздушного судна, связанного с силовой установкой.

9. WSTRW – полет в условиях сдвига ветра или грозы.

Таким образом, обеспечение безопасности воздушных судов остается одним из ключевых аспектов, определяющих устойчивость и эффективность функционирования авиации. Так, в трудах А.Н. Бочкарева указывается, что предотвращение пожаров в аэропортах и, в частности, их оперативное тушение возможно с помощью

организованной системы авиационной безопасности и противопожарного обеспечения объектов аэропорта и полетов воздушных судов [1]. С целью быстрого реагирования на аварийные ситуации в аэропорту и на прилегающей территории создается специальная группа экстренного реагирования – служба противопожарного и аварийно-спасательного обеспечения полетов (далее – СПАСОП). Аварийно-спасательная команда состоит из профессионально подготовленных спасателей, специализированной техники (аэродромных пожарных автомобилей), средств для эвакуации пострадавших и оборудования для оказания первой медицинской помощи. При ликвидации аварий должностные лица СПАСОП выполняют обязанности по следующим нештатным должностям: руководитель тушения пожаров; командир звена газодымозащитной службы; постовой на посту безопасности ГДЗС; газодымозащитник; ствольщик (подствольщик); наблюдатель за взлетом и посадкой воздушного судна. Команда постоянно находится в состоянии повышенной готовности, что позволяет немедленно приступать к ликвидации последствий нештатных ситуаций, таких как возгорание воздушных судов на взлетно-посадочной полосе и аварийные посадки.

Быстрота реагирования СПАСОП при возникновении пожаров на воздушных судах имеет критически важное значение, так как пожары развиваются стремительно с интенсивным выделением тепла и токсичных веществ, что создает смертельную опасность для находящихся на борту людей. Наглядным примером является трагедия с воздушным судном Sukhoi Superjet 100-95B, произошедшая 5 мая 2019 года. При жесткой посадке произошла разгерметизация топливных баков с последующим возгоранием авиационного керосина под фюзеляжем. Полная остановка воздушного судна произошла в 18 ч 30 мин 37 с (рис. 1). На момент подачи первого лафетного ствола на тушение пожара в 18 ч 32 мин 12 с (через 1 мин 35 с после начала аварии) были сильно деформированы хвостовая часть самолета и задняя часть фюзеляжа (рис. 2).

Из анализа катастрофы можно сделать вывод, что первые минуты после возникновения пожара являются решающими. Поэтому на законодательном уровне установлены нормативы прибытия и боевого развертывания подразделения на место аварии в пределах 3-6 минут².



Рис. 1. Остановка горящего Sukhoi Superjet 100-95B на взлетно-посадочной полосе в 18 ч 30 мин 37 с



Рис. 2. Состояние фюзеляжа Sukhoi Superjet 100-95B в 18 ч 32 мин 12 с (подача первого лафетного ствола от аэродромного автомобиля)

² Приказ Министерства транспорта РФ от 26 ноября 2020 г. № 517 «Об утверждении Федеральных

авиационных правил «Аварийно-спасательное обеспечение полетов воздушных судов»

Дисциплина «пожарная тактика» подробно раскрывает технологию ликвидации аварийных ситуаций, связанных с пожаром на воздушном судне [7]. Существует четыре сценария возникновения пожара: пожар в силовой установке; пожар шасси; пожар в пассажирском салоне (внутри фюзеляжа); пожар разлитого авиатоплива. Каждый из сценариев требует своего подхода к ликвидации горения. Так, при пожаре шасси применяется порошок, создающий корку на магниевом сплаве и её дальнейшее охлаждение водой. При пожаре в пассажирском салоне применяется CO_2 , подаваемый через стволы-пробойники и подача воды или водного раствора пенообразователя ручными пожарными стволами. Пожар силовой установки и разлив авиатоплива ликвидируется мощными струями раствора пенообразователя из лафетных стволов [2]. Первичное размещение пожарных автомобилей выбирается с приоритетом защиты путей эвакуации из воздушного судна от опасных факторов пожара. Следовательно, при каждом сценарии развития аварийной ситуации возникает потребность в охлаждении воздушного судна путем подачи воздушно-механической пены на фюзеляж из лафетных стволов, размещенных на надстройке пожарных автомобилей. Также стоит отметить, что аэродромные пожарные автомобили подают огнетушащие вещества без установки на водоисточники – следовательно, руководитель тушения пожара обязан учитывать их тактические возможности [3]. Таким образом, при организации действий по ликвидации последствий авиационного происшествия руководитель тушения пожара принимает управленческие решения о выборе оптимальной боевой позиции пожарного автомобиля.

В трудах Найденовой Л. И. и Каримовой Л. Ф. под процессом принятия управленческих решений представляется непрерывный

цикл действий, в ходе которого руководитель последовательно решает возникающие проблемы [4]. Следовательно, руководитель тушения пожара в пути следования к месту аварийной ситуации обязан произвести анализ вида пожара (шасси, силовая установка, фюзеляж, разлив авиационного керосина под фюзеляжем), оценить сложность профессиональной ситуации, выбрать способ ликвидации аварии, разработать альтернативы тактических замыслов ликвидации аварии и выбрать наилучшую из них, определить боевые позиции пожарных автомобилей и личного состава. Итогом цикла действий является оценка эффективности реализации оперативно-тактических действий.

Качество принятия управленческих решений руководителем тушения пожара зависит от совокупности внешних и внутренних факторов (рис. 3). К внешним факторам относятся объем информации об аварийной ситуации, время развития пожара, особенности рельефа, угол наклона поверхности, направление воздушных потоков, тактические возможности подразделения, а также применение систем поддержки принятия решений (программных инструментов, помогающих анализировать большие данные и вырабатывать оптимальные решения в сложных и многовариантных ситуациях [5]). К внутренним факторам относятся профессиональное мастерство руководителя тушения пожара и мотивация качественного принятия решений.

На основе анализа выделенной проблемы нами поставлена цель статьи – исследовать тактические возможности аэродромных пожарных автомобилей по подаче огнетушащих веществ на тушение пожара воздушного судна и уточнить алгоритм действий руководителя тушения пожара, являющегося составной частью поддержки принятия управленческих решений.

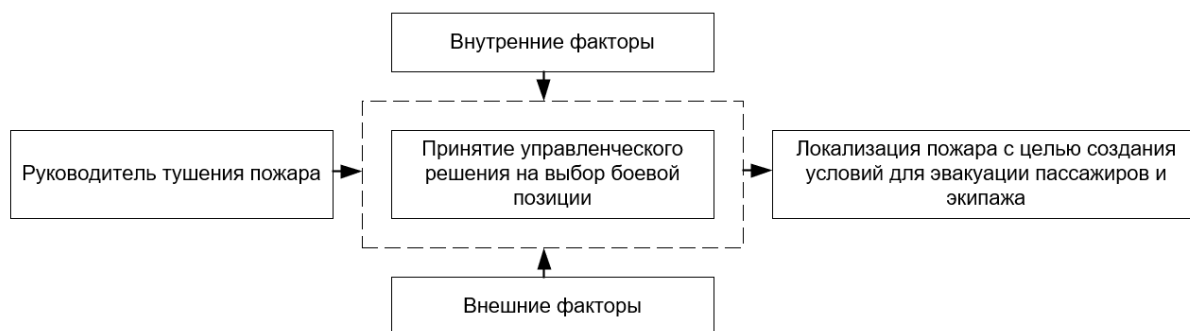


Рис. 3. Причинно-следственная блок-схема принятия управленческого решения руководителем тушения пожара

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать производительность лафетных стволов, устанавливаемых на пожарные надстройки автомобилей.

2. С помощью программного обеспечения «Баллистика», разработанного ООО «Инженерный центр «ЭФЭР», исследовать дальность подачи огнетушащих веществ в зависимости от изменяющегося расхода вещества и напора в стволе.

3. С учётом полученных данных уточнить алгоритм действий руководителя тушения пожара по выбору боевой позиции.

Результаты исследования

В Российской Федерации на вооружении СПАСОП находятся пожарные автомобили следующих производителей: ООО «Авто

Техника»; Albert Ziegler GmbH; АО «Брянский автомобильный завод»; АО «Варгашинский завод противопожарного и специального оборудования»; ОАО «Пожснаб»; ООО «Приоритет»; Rosenbauer International AG; ООО «Производственно-коммерческая фирма Спецдормаш»; ООО «Производственная компания Техникос-Центр»; ПАО «Туймазинский завод автобетоновозов»; ООО «Унимод»; АО «Уральский завод пожарной техники»; ООО «Уральский завод противопожарной защиты». Пожарные автомобили оснащаются основными и вспомогательными лафетными стволами. Вспомогательные лафетные стволы устанавливаются на бампере пожарного автомобиля. При ликвидации аварийной ситуации в первую очередь задействуют основные лафетные стволы. Производительность основных стволов приведена в табл. 2.

Таблица 2. Производительность основных лафетных стволов, устанавливаемых на пожарную надстройку аэродромных автомобилей

Производитель	Пожарный автомобиль	Номинальная производительность лафетного ствола, л/с
ООО «Авто Техника»	AA-8,0/(30-60)(43118)	30...60 (производительность ствола выбирается заказчиком)
	AA-8,0/(30-60)(4320)	30...60 (производительность ствола выбирается заказчиком)
Albert Ziegler GmbH	Ziegler Advancer FLF-30/90-12+60C02	50
АО «Брянский автомобильный завод»	AA-12,5-70/100 (8080) модель СПСА	62 (ствол КРФ-ЛСД-С80(60-90)У)
АО «Варгашинский завод противопожарного и специального оборудования»	AA-13,0-(60-100)-50/3 (6560)	60
	AA-9,0-(40-70) (65222)	60
	AA-8,5-(40-70)-50/3 (43118)	воды – 60 водного раствора пенообразователя – 50
	AA-8,0-(40-70) (4320),	60
	AA-8,7(60)-50/3 (4320)	60
	AA-10,0-70 (VOLVO)	60
	AA-12,0-70 (63501)	60
	AA-13,4-(40-70) (65222)	70
	ААБР-3,8/(20-30) (MAN)	32
ОАО «Пожснаб»	AA-7,0/70-50/3 (4311)	50
	AA-4,0-70 (5309)	30 при непрерывной подаче раствора в течении 120 с
	AA-12,0-100 (6318)	63 при непрерывной подаче раствора в течении 180 с
ООО «Приоритет»	AA-12,0-60 (63501)	60
	AA-10,0-(60-100) (65222)	80
	AA-8,0-60 (43118)	60
	AA-8,0-60(4320)	60
	AA-12,0- (70-100) (65222)	60
	AA-10,0-(60-100) (IVECO)	60
	AA-9,0-(60-100) (65222)	60
Rosenbauer International AG	AA 11,0-100 (Rosenbauer FLF 11000 Buffalo)	50 или 100

Производитель	Пожарный автомобиль	Номинальная производительность лафетного ствола, л/с
	ARFF FLF 11000 BUFFALO SCANIA 6x6	50 или 100
	PANTHER 6x6 NEW	67 максимальная – 150
ООО «Производственно-коммерческая фирма «Спецдормаш»	AA-7,5/70(43118)	60
ООО «Производственная компания «Техником-Центр»	AA-8,0/60-50/3 (43118) мод.51-ТВ	60
ПАО «Туймазинский завод автобетоновозов»	AA-8,0/70 (43118)	60
ООО «Унимод»	AA-3,6-40/4 (5387)	30
	AA-8,0-70 (43118)	воды – 60 водного раствора пенообразователя – 50 (ствол ЛС-С60У)
АО «Уральский завод пожарной техники»; ООО «Уральский завод противопожарной защиты»	AA-12/60 (3043)	60
	AA-12/60 (3055)	60
	AA-12/60 (6318)	60
	AA-12/60 (63501)	60
	AA-9,0/(30-60) (3043)	от 30 до 60 (производительность ствола выбирается заказчиком)
	AA-8,5/(30-60) (43118)	от 30 до 60 (производительность ствола выбирается заказчиком)
	AA-8,5/(30-60) (6302)	от 30 до 60 (производительность ствола выбирается заказчиком)
	AA-8,0/(30-60) (43118)	от 30 до 60 (производительность ствола выбирается заказчиком)
	AA-13/60 (6560)	60
	AA-12/60 (VOLVO)	66 (максимальная производительность)
	AA-9,0/(30-60) (6318)	70 (максимальная производительность)
	AA-9,0/(30-60) (65224)	от 30 до 60 (производительность ствола выбирается заказчиком)
	AA-8,0(30-60) (4320)	от 30 до 60 (производительность ствола выбирается заказчиком)
	ААБР-3,8/(20-30) (MAN)	от 20 до 30 (производительность ствола выбирается заказчиком)
ООО «Уральский завод противопожарной защиты»	AA-8,0/(30-60) (4320) модель 004-УПЗ	от 30 до 60 (производительность ствола выбирается заказчиком)

В сертификатах соответствия объектов служб поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов гражданской авиации указывается номинальный расход воды и водного раствора пенообразователя. Данный расход находится в диапазоне от 30 л/с (AA 8,0 (30-60) (43118)) до 150 л/с (PANTHER 6×6 NEW) и зависит от вида автомобиля. Однако, согласно табл. 2, в большинстве случаев аэродромные автомобили оснащаются лафетными стволами 60 л/с.

В трудах О. С. Малютина указывается, что в настоящее время при решении задач организации работы экстренных служб преимущественно применяются компьютерное и математическое моделирование различных ситуаций [6]. Проведем моделирование дальности подачи огнетушащих веществ лафетным стволом, установленным на надстройку пожарного автомобиля, на примере воздушного судна Sukhoi Superjet 100. Схема подачи огнетушащих веществ показана на рис. 4.

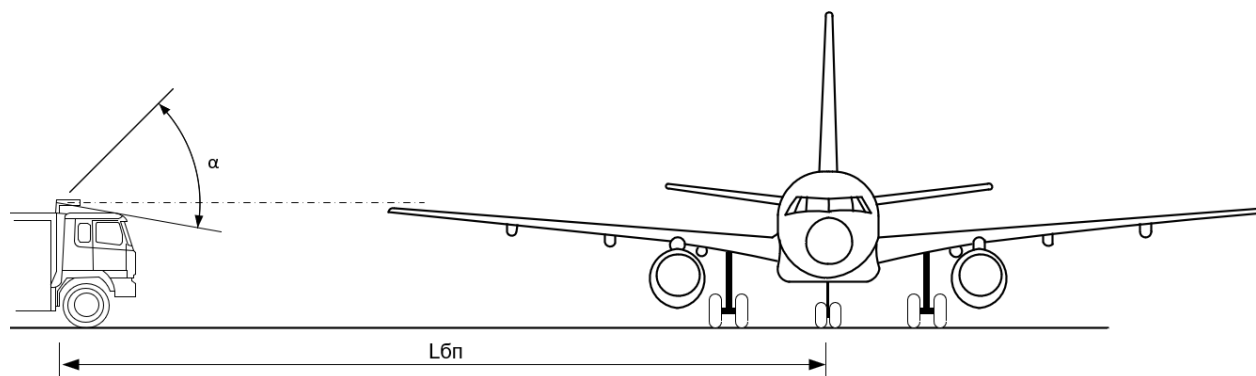


Рис. 4. Схема подачи огнетушащих веществ, где: α – угол подъема лафетного ствола;

$L_{бп}$ – расстояние, на котором установлен пожарный автомобиль до воздушного судна

Высота лафетного ствола, установленного на пожарной надстройке, равна 3 м. Также в специальной литературе указывается, что угол поворота лафетного ствола аэродромного пожарного автомобиля в горизонтальной плоскости должен быть 360 градусов, в вертикальной – от -15 до 75 градусов¹⁰. В данной литературе также подчеркивается, что минимальный расход лафетного ствола зависит от колесной формулы автомобиля. Например, не менее 40 л/с для колесной формулы 4×4, 60 л/с для колесной формулы 6×6 и 100 л/с для колесной формулы 8×8.

Таким образом, в экспериментальной работе на основе требований специальной литературы и анализа тактических возможностей пожарных автомобилей нами приняты два расхода лафетного ствола: 40 л/с и 60 л/с. Для лафетного ствола производительностью 40 л/с минимальный напор в стволе равен 40 м вод. ст.; максимальный – 80 м вод. ст. Для лафетного ствола производительностью 60 л/с минимальный напор в стволе равен 60 м вод. ст.; максимальный – 100 м вод. ст.

Анализ тактических возможностей пожарных автомобилей показал, что в сертификатах соответствия объектов служб поискового и

аварийно-спасательного обеспечения полетов гражданской авиации не указывается тип основных лафетных стволов, а только их номинальная или максимальная производительность. Только два производителя – АО «Брянский автомобильный завод» и ООО «Унимод» уточняют эту особенность. Эта особенность позволяет нам применить в экспериментальной работе программное обеспечение «Баллистика», разработанное ООО «Инженерный центр ЭФЭР»¹¹. Стоит также отметить, что данное программное обеспечение предназначено для моделирования траекторий струй лафетных стволов, выпускаемых ООО «Инженерный центр ЭФЭР» (г. Петрозаводск), которые не противоречат требованиям к аэродромным пожарным автомобилям и потенциально могут быть установлены на их надстройку в качестве основных.

Результаты моделирования подачи огнетушащих веществ показали, что наибольшая дальность подачи наблюдается при 26-30 градусах подъема ствола. Минимальное расстояние для подачи огнетушащих веществ при подъеме ствола на -15 градусов составляет 9-10 м.

¹⁰ ГОСТ 59213-2020 Техника пожарная. Аэродромные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний. п. 5.1.3.

¹¹Программа «Баллистика»: ЭФЭР Инженерный центр пожарной робототехники URL: [https:// firerobots.ru/support/design_help/ballistika](https://firerobots.ru/support/design_help/ballistika) (дата обращения 25.07.2025 г.)

При расходе ствола 40 л/с и напоре 40 м вод. ст. дальность подачи составляет 49 м; при напоре 50 м вод. ст. – 54,4 м; при напоре 60 м вод. ст. – 59,6 м; при напоре 70 м вод. ст. – 64,3 м; при напоре 80 м вод. ст. – 69 м (рис. 5).

При расходе ствола 60 л/с и напоре 60 м вод. ст. дальность подачи составляет 64,2 м; при напоре 70 м вод. ст. – 72,3 м; при напоре 80 м вод. ст. – 76 м; при напоре 90 м вод. ст. – 79,6 м; при напоре 100 м вод. ст. – 82 м (рис. 6).

Полученные данные могут быть включены в алгоритм выбора боевой позиции руководителем тушения пожара [7; 8] и позволят сократить время подачи огнетушащих веществ, что создаёт благоприятные условия для спасения человеческих жизней и оперативной

ликвидации горения воздушного судна. Такой алгоритм становится важнейшим элементом системы поддержки принятия управленческих решений. Алгоритм состоит из пяти этапов, реализуемых в трех блоках. **Блок 1** – следование к месту аварии (рис. 7). В данном блоке находится один этап профессиональной деятельности.

Этап 1. Получение сигнала и выдвижение к месту авиационного события. Руководитель тушения пожара осуществляет оценку информации о месте происшествия: координаты места происшествия на взлетно-посадочной полосе, тип воздушного судна, наличие пострадавших и вероятность разлива топлива. Далее определяется оптимальный маршрут движения пожарного автомобиля, исключающий проезды через зоны обломков воздушного судна.

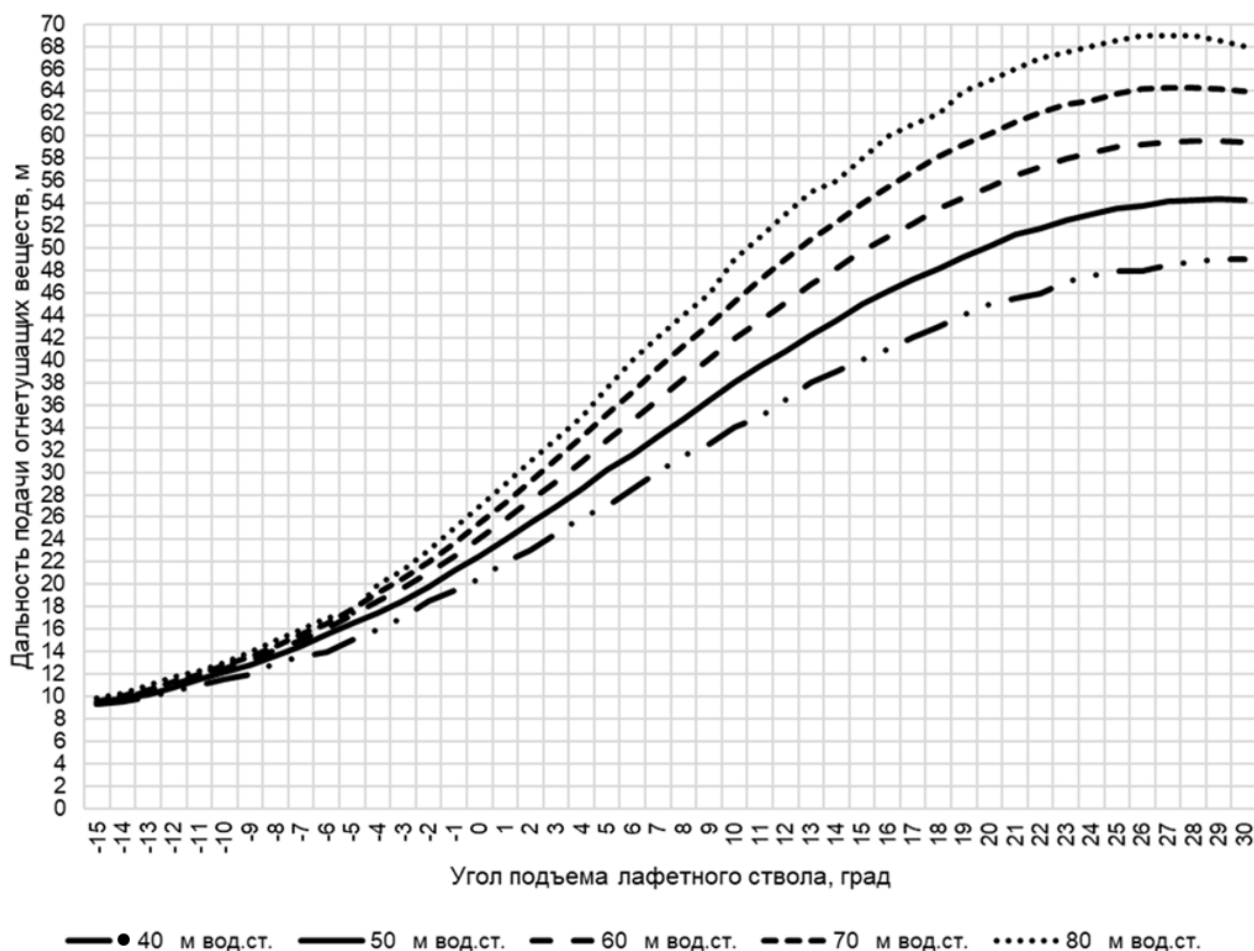


Рис. 5. Удаление боевой позиции пожарного автомобиля от воздушного судна в зависимости от напора в стволе с расходом 40 л/с и угла подъема ствола (для лафетных стволов производства ООО «Инженерный центр ЭФЭР»)

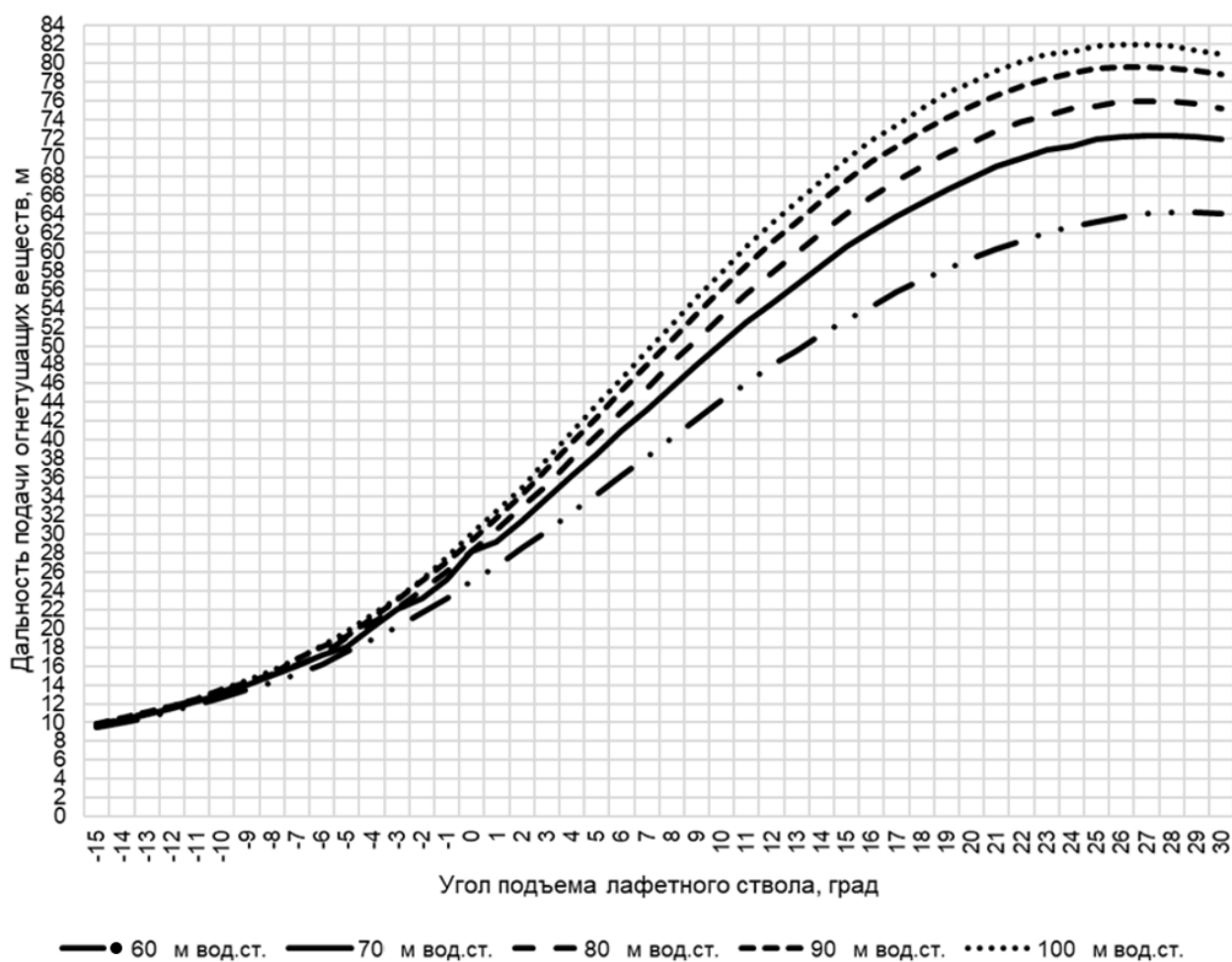


Рис. 6. Удаление боевой позиции пожарного автомобиля от воздушного судна в зависимости от напора в стволе с расходом 60 л/с и угла подъема ствола (для лафетных стволов производства ООО «Инженерный центр ЭФЭР»)

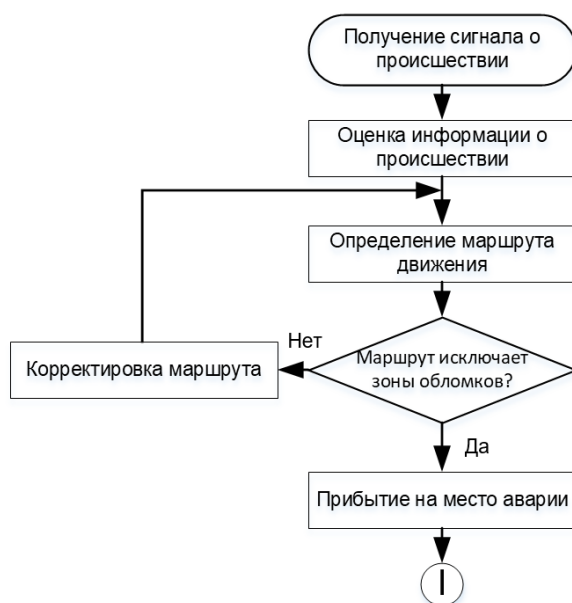


Рис. 7. Блок 1 – следование к месту аварии

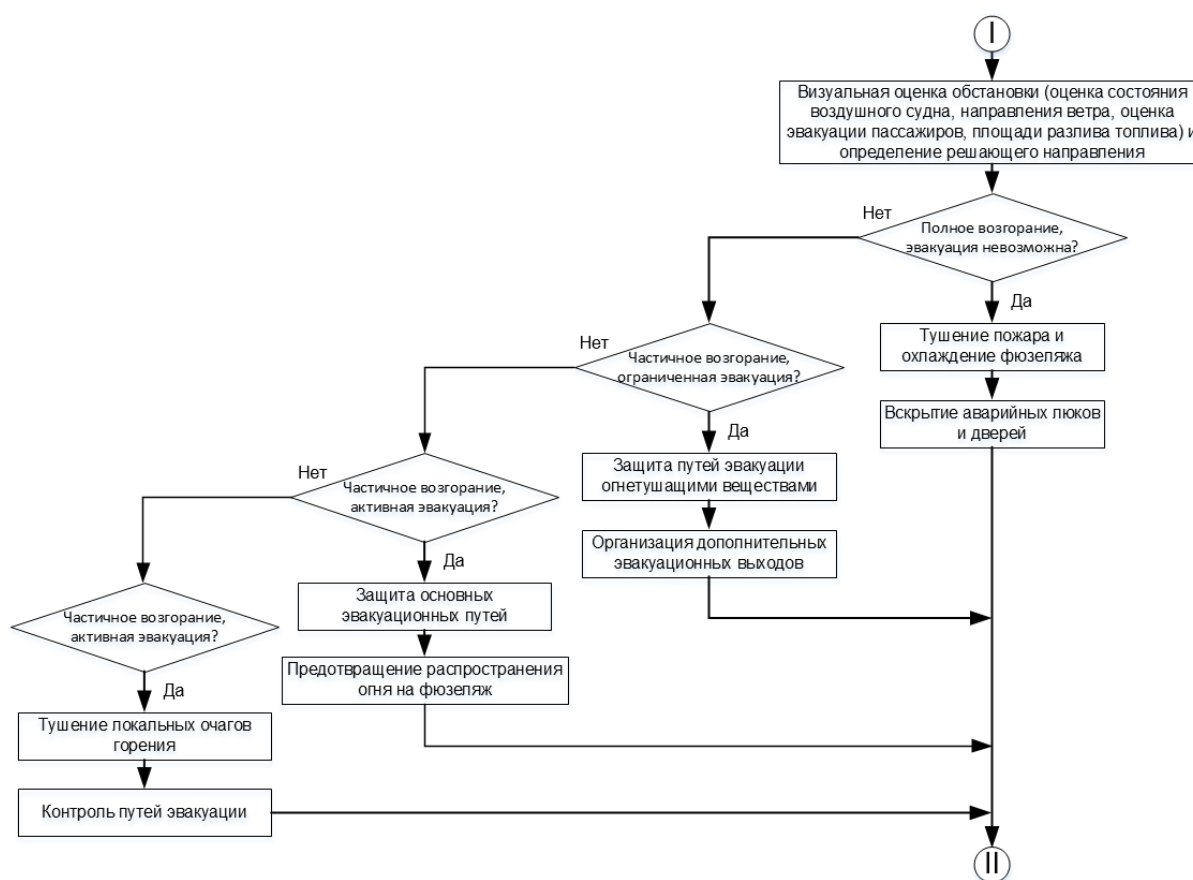


Рис. 8. Блок 2 – разработка тактического замысла

Блок 2 – разработка тактического замысла (рис. 8). В данном блоке находится один этап профессиональной деятельности.

Этап 2. Оценка обстановки по прибытии на место аварийной ситуации. Руководитель тушения пожара осуществляет визуальный осмотр с учетом: расположения и состояния воздушного судна (угол крена, повреждения, места возгорания); направления ветра; наличия эвакуации пассажиров экипажем; площади разлива авиатоплива. На данном этапе определяется решающее направление на основе сложности аварийной ситуации. При полном возгорании фюзеляжа и невозможности проведения эвакуации основные силы и средства сосредотачивают на тушение пожара и охлаждение фюзеляжа, организуют вскрытие аварийных люков и дверей. При частичном возгорании с ограниченной эвакуацией экипажем силы и средства сосредотачивают на защиту путей эвакуации огнетушащими веществами, организуют дополнительные эвакуационные выходы. При частичном возгорании и при активной эвакуации экипажем силы и средства сосредотачивают на защиту основных эвакуационных путей, а также предотвращают распространение огня на фюзеляж. При локальном возгорании без угрозы людям силы и средства

сосредотачивают на местах горения, предотвращают возможный взрыв, контролируют пути эвакуации.

Блок 3 – действия в процессе тушения пожара (рис. 9). В данном блоке находятся *три этапа* профессиональной деятельности.

Этап 3. Выбор первоначальной боевой позиции. Пожарный автомобиль размещается: с наветренной стороны для подачи водного раствора пенообразователя; на возвышенности (при наличии) для предотвращения стекания топлива в сторону пожарных; на безопасном расстоянии с учетом возможных взрывов, теплового излучения и создания свободного подъезда без блокировки путей для других пожарных машин.

Этап 4. Организация подачи огнетушащих веществ. Руководитель тушения пожара направляет лафетные стволы на максимальный охват фюзеляжа, особенно в зонах скопления топлива, с учетом угла установки и возможного расстояния от пожарного автомобиля до места горения, полученного в процессе экспериментальной работы (рис. 5 и 6). Также важно быть готовым к изменению боевых позиций при повторном возгорании из-за израсходования огнетушащих веществ.

Этап 5. Завершающий этап (после эвакуации). Перегруппировка пожарных авто-мобилей для ликвидации пожара. Обеспечение безопасного доступа аварийно-спасательных команд для извлечения пострадавших. Контроль за возможными скрытыми очагами горения.

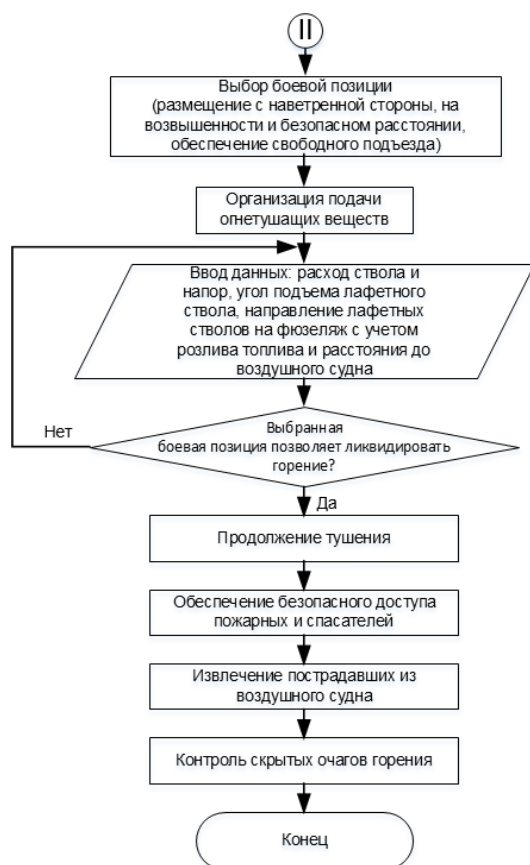


Рис. 9. Блок 3 – действия в процессе тушения пожара

Выводы

Анализ выпускаемой пожарной техники показывает, что аэродромные автомобили могут быть оснащены двумя стационарными лафетными стволами. Основной ствол устанавливается на пожарной надстройке. В специальной литературе отмечается, что лафетный ствол аэродромного пожарного автомобиля должен обеспечивать возможность поворота в горизонтальной плоскости на 360 градусов и в вертикальной плоскости в диапазоне от –15 до

75 градусов. Также указывается, что минимальный расход лафетного ствола зависит от колесной формулы автомобиля: для автомобилей с формулой 4×4 – не менее 40 л/с, с формулой 6×6 – не менее 60 л/с, и с формулой 8×8 – не менее 100 л/с. В сертификатах соответствия объектов служб поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов гражданской авиации на аэродромные автомобили в Российской Федерации указывается номинальный расход воды и водного раствора пенообразователя, который варьируется от 30 до 150 литров в секунду в зависимости от типа автомобиля. Наиболее распространенным вариантом является установка лафетных стволов с расходом 60 литров в секунду.

С помощью программного обеспечения «Баллистика», разработанного ООО «Инженерный центр «ЭФЭР», проведено моделирование подачи огнетушащих веществ для определения места размещения боевой позиции пожарного автомобиля. Результаты моделирования показали, что наибольшая дальность подачи достигается при углах подъема ствола в диапазоне 26-30 градусов. При отрицательных углах подъема ствола, например, при минус 15 градусах, минимальное расстояние для подачи огнетушащих веществ составляет 9-10 метров. При увеличении напора воды и расходе ствола 40 л/с дальность подачи огнетушащих веществ возрастает. Так, при напоре 40 метров водяного столба дальность составляет 49 метров, а при напоре 80 метров – 69 метров. При расходе ствола 60 л/с и аналогичном увеличении напора дальность подачи также возрастает: при напоре 60 метров водяного столба она составляет 64,2 метра, а при напоре 100 метров – 82 метра.

С учетом полученных данных уточнен алгоритм действий руководителя тушения пожара по выбору боевой позиции. Алгоритм состоит из пяти этапов, реализуемых в трех блоках, что позволяет оптимизировать процесс ликвидации возгорания на месте авиационной аварии. Благодаря этому алгоритму возможно сократить время подачи огнетушащих веществ и создать более благоприятные условия для спасения жизней и ликвидации горения. Особую ценность представляет интеграция алгоритма в современные системы поддержки принятия решений [9; 10].

Список литературы

1. Бочкарев А. Н. Анализ инцидентов, связанных с пожарами в аэропортах, и методы обеспечения пожаровзрывоопасности объектов воздушного транспорта // Пожаровзрыво-безопасность. 2008. Т. 17. № 4. С. 59–62.

2. 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. С. 115–124. DOI: 10.21685/2227-8486-2023-3-8.

3. Тарасов С. В., Пигусов Д. Ю.

Применение тактических возможностей отделения на основном пожарном автомобиле при тушении пожаров // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация, № 2, 2023, С. 44–55. DOI: 10.25257/FE.2023.2.44-55.

4. Найденова Л. И., Каримова Л. Ф. Разработка и принятие управленческих решений: учебное пособие. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2020. – 56 с.

5. Багутдинов Р. А., Нарек А. С., Красноплахтыч М. А. Аналитика, инструменты и интеллектуальный анализ больших разнородных и разномасштабных данных // Экономика. Информатика. 2021. № 47. С. 792–802. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-4-792-802.

6. Малиютин О. С., Хабибулин Р. Ш. Обзор подходов, методов и алгоритмов обоснования управленческих решений по снижению времени прибытия подразделений пожарной охраны к месту вызова // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2023. № 32(5). С. 60–77. <https://doi.org/10.22227/0869-7493.2023.32.05.60-77>.

7. Теребнев В. В., Грачев В. А. Пожарная тактика: учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – 547 с.

8. Иванников В. П., Ключ П. П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.

9. Информационная поддержка специалистов оперативной дежурной смены центра управления в кризисных ситуациях на основе современных технологий / Е. Ф. Разумова, А. О. Семенов, А. А. Апарин [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 4 (53). С. 134–141.

10. Апарин А. А. Применение видеомониторинга для информационной поддержки принятия управленческих решений при реагировании на техногенный пожар // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. № 3 (44). С. 5–11.

References

1. Bochkarev A. N. Analiz incidentov, svyazannyh s pozharemi v aeroportah, i metody obespecheniya požarovzryvopasnosti ob'ektov vozdušnogo transporta [Analysis of incidents related to fires at airports and methods for ensuring fire and explosion safety at air transport facilities]. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 2008, vol. 17, issue 4, pp. 59–62.

2. Krymskij V. V., Golovenko V. R. Oso-bennosti upravleniya pri tushenii vozdušnyh sudov požarnymi podrazdeleniyami [Features of aircraft firefighting by fire departments]. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve*, 2023, issue 3, pp. 115–124. DOI: 10.21685/2227-8486-2023-3-8

3. Tarasov S. V., Pigusov D. Yu. Prime-nenie takticheskikh vozmozhnostej otdeleniya na osnovnom požarnom avtomobile pri tushenii požarov [Using the tactical capabilities of the main fire truck to extinguish fires]. *Pozhary i chrezvy-chajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya*, 2023, issue 2, pp. 44–55. DOI: 10.25257/FE.2023.2.44-55

4. Najdenova L. I., Karimova L. F. *Raz-rabotka i prinyatie upravlencheskih reshenij: uchebnoye posobiye* [Development and Adoption of Management Decisions: Textbook]. Penza: Izd-vo PGU, 2020. 56 p.

5. Bagutdinov R. A., Narek A. S., Krasno-plahtych M. A. Analitika, instrumenty i intel-lektual'nyj analiz bol'shih raznorodnyh i razno-masshtabnyh dannyh [Analytics, tools, and intelli-gent analysis of large, heterogeneous, and mul-tiscale data]. *Ekonomika. Informatika*, 2021, is-sue 47, pp. 792–802. DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-4-792-802.

6. Malyutin O. S., Habibulin R. Sh. Obzor podhodov, metodov i algoritmov obosnovaniya up-ravlencheskih reshenij po snizheniyu vremeni prib-ytiya podrazdelenij požarnoj ohrany k mestu vyzova [Overview of approaches, methods, and al-gorithms for justifying management decisions to re-duce the time it takes for fire departments to arrive at a call site]. *Pozharovzryvobezopasnost'/Fire and Explosion Safety*, 2023, vol. 32 (5), pp. 60–77. <https://doi.org/10.22227/0869-7493.2023.32.05.60-77>

7. Terebnev V. V., Grachev V. A. *Pozharnaya taktika: uchebnik* [Fire tactics: a text-book]. Moscow: Akademiya GPS MChS Rossii, 2015. 547 s.

8. Ivannikov V.P., Klyus P.P. *Spravochnik rukovoditelya tusheniya požara* [Fire Extinguish-ing Supervisor's Handbook]. Moscow: Strojizdat, 1987. 288 p.

9. Informacionnaya podderzhka specialis-tov operativnoj dezhurnoj smeny centra upravleniya v krizisnyh situacijah na osnove sovremen-nyh tekhnologij [Information support for operational duty shift specialists at the crisis management center based on modern technologies] / E. F. Razu-mova, A. O. Semenov, A. A. Aparin [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2024, vol. 4 (53), pp. 134–141.

10. Aparin A. A. Primenenie videomoni-toringa dlya informacionnoj podderzhki prinyatiya upravlencheskih reshenij pri reagirovanii na tekhnogennyj požar [Application of video monitor-ing for information support of managerial decision-making in response to a man-made fire]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2022, vol. 3 (44), pp. 5–11.

Ермилов Алексей Васильевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат педагогических наук

E-mail: skash_666@mail.ru

Ermilov Aleksey Vasilevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of pedagogical sciences

E-mail: skash_666@mail.ru

Кузнецов Александр Валерьевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук

E-mail: a.kuznetsov9@yandex.ru

Kuznetsov Alexander Valerievich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences

E-mail: a.kuznetsov9@yandex.ru

Никишов Сергей Николаевич

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат технических наук

E-mail: mordov5988@mail.ru

Nikishov Sergey Nikolaevich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of technical sciences

E-mail: mordov5988@mail.ru

Багажков Игорь Владимирович

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Российская Федерация, г. Иваново

кандидат химических наук, доцент

E-mail: big-99@mail.ru

Bagazhkov Igor Vladimirovich

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education «Ivanovo Fire Rescue Academy
of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies
and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Ivanovo

candidate of chemical sciences, associate professor

E-mail: big-99@mail.ru