



МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Часть 2 (секции 2-5)

Х МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПОЖАРОТУШЕНИЕ:
ПРОБЛЕМЫ, ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ



**МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ**

АКАДЕМИЯ ГПС МЧС РОССИИ

18-19 марта 2026 год

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ
Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

ПОЖАРОТУШЕНИЕ: проблемы, технологии, инновации

Материалы
X Международной научно-практической конференции

В двух частях
Часть 2 (секции 2–5)

18–19 марта 2026 года

Москва
2026

УДК 614.8
ББК 68.9
П46

П46 **Пожаротушение:** проблемы, технологии, инновации: материалы
X Международной научно-практической конференции. Ч. 2. – М.:
Академия ГПС МЧС России, 2026. – 447 с.

ISBN 978-5-9229-0300-4

Материалы X Международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» предназначены для широкой аудитории специалистов в сфере пожаротушения. Цель конференции заключается в создании единой информационной площадки по взаимодействию деятелей науки, профессорско-преподавательского состава, практических работников, обучающихся и представителей других профессий, заинтересованных в вопросах организации и осуществления тушения пожаров, как на территории Российской Федерации, так и за рубежом.

Издано в авторской редакции.

УДК 614.8
ББК 68.9

ISBN 978-5-9229-0300-4

© Академия Государственной противопожарной
службы МЧС России, 2026

Секция 2

Горение, взрыв, методы пожаротушения и безопасность

Сергей Геннадьевич Андросенко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (green01sa@yandex.ru, SPIN 9306-8680, ID: 764226)

Развитие торфяных мини-теплоэлектростанций, теплоэлектростанций и котельных: потенциал энергетической безопасности и оценка пожарной опасности объектов торфяной энергетики

Аннотация. В условиях декарбонизации экономики и поиска альтернатив импортируемым энергоресурсам локальные виды топлива, в частности торф, вновь привлекают внимание. Статья рассматривает современное состояние и тенденции развития объектов малой и средней энергетики (котельные, ТЭЦ, мини-ТЭЦ), работающих на торфе, с акцентом на страны с значительными торфяными ресурсами (Россия, Беларусь, страны Северной Европы). Проведён анализ технологических циклов: от подготовки торфа до утилизации золы. Особое внимание уделено комплексной оценке пожарной опасности на всех этапах – от добычи сырья до эксплуатации энергообъектов. На основе анализа нормативной базы и данных о реальных инцидентах выделены ключевые риски и предложены направления по их минимизации. Делается вывод о нишевом, но стратегически важном потенциале торфяной энергетики при условии внедрения современных систем пожаротушения и строгого соблюдения противопожарных регламентов.

Ключевые слова: торфяное топливо, мини-ТЭЦ, котельная, пожарная опасность, местные виды топлива.

Sergey G. Androsenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Development of peat mini-thermal power plants, thermal power plants, and boiler houses: potential for energy security and assessment of fire hazards at peat energy facilities

Abstract. In the context of economic decarbonization and the search for alternatives to imported energy resources, local fuels, particularly peat, are once again attracting attention. This article examines the current state and development trends of small and medium-sized energy facilities (boiler houses, thermal power plants, and mini-thermal power plants) that use peat as fuel, with a focus on countries with significant peat resources (Russia, Belarus, and the Nordic countries). The article analyzes the technological cycles involved in the preparation of peat and the disposal of ash. Special attention is given to the comprehensive assessment of fire hazards at all stages, from the extraction of raw materials to the operation of energy facilities. Based on the analysis of the regulatory framework and data on real incidents, key risks have been identified and directions for their minimization have been proposed. It is concluded that peat energy has a niche but strategically important potential, provided that modern fire-extinguishing systems are implemented and fire regulations are strictly followed.

Keywords: peat fuel, mini-TEC, boiler house, fire hazard, local fuels.

Глобальные тренды энергоперехода, сопряжённые с задачами обеспечения энергетической безопасности отдельных регионов, стимулируют переоценку потенциала местных топливно-энергетических ресурсов. Торф, как возобновляемый (при условии рекультивации) и локализованный энергоноситель, представляет интерес для децентрализованного теплоснабжения и электроснабжения в удалённых и лесных регионах России, Беларуси, Финляндии, Ирландии и других стран.

Исторически торфяная энергетика переживала периоды подъёма и спада, связанные с конкуренцией с газом и углём, а также экологическими ограничениями. Современный этап характеризуется развитием не крупных электростанций, а относительно небольших, технологически продвинутых объектов мощностью от 1 до 50 МВт: котельных, мини-теплоэлектроцентралей (мини-ТЭЦ) и теплоэлектростанций (ТЭС). Их развитие способствует решению проблем газификации, создаёт рабочие места и обеспечивает стабильность тарифов.

Однако специфика торфа как топлива – высокая влажность, склонность к самонагреванию, низкая температура золы – формирует уникальный комплекс пожарных рисков. Данная статья ставит целью систематизировать аспекты развития торфяной энергетики и провести всесторонний анализ источников пожарной опасности, предложив пути их снижения.

Современное состояние и технологические аспекты развития торфяной энергетики

1.1. Ресурсная база и экономические предпосылки

Согласно данным Международной торфяной ассоциации (International Peatland Society), мировые запасы торфа оцениваются в 600 млрд тонн, при этом в России сосредоточено около 40% мировых ресурсов [1]. Экономическая целесообразность использования торфа проявляется в регионах, удалённых от магистральных газопроводов, где транспортная составляющая в стоимости угля или дизельного топлива делает их экономически невыгодными. Государственные программы поддержки локальной энергетики (например, в Беларуси) также стимулируют развитие отрасли [2].

1.2. Классификация объектов и применяемые технологии

– **Котельные (0.5-20 МВт):** Основная задача – выработка тепловой энергии. Используют, как правило, кусковой, фрезерный или брикетированный торф. Современные установки оснащаются автоматическими системами подачи топлива, котлами с эффективной системой золоулавливания (циклоны, рукавные фильтры).

– **Мини-ТЭЦ (5-50 МВт):** Комбинированная выработка тепла и электроэнергии, что повышает общий КПД до 70-85%. Применяются паротурбинные или, реже, газопоршневые установки, работающие на генераторном газе от газификации торфа (технология менее распространена из-за сложности).

– **ТЭС (свыше 50 МВт):** Крупные объекты, часто исторически сложившиеся. Характеризуются сложной инфраструктурой хранения и подготовки топлива.

Ключевые технологические этапы:

1) **Подготовка топлива:** Сушка, измельчение. Пылевидный торф (пыль) обладает высокой дисперсностью и повышенной взрывопожароопасностью.

2) **Сжигание:** Современные котлы с топками сжигания в кипящем слое (циркулирующем или пузырьковом) обеспечивают стабильное горение низкосортного топлива с высокой эффективностью и сниженными выбросами [3].

3) **Золоудаление:** Торфяная зола (до 20% от массы топлива) требует организованного складирования или утилизации (например, в сельском хозяйстве после проверки на радионуклиды и тяжёлые металлы).

2. Комплексный анализ пожарной опасности

Пожарная опасность объектов торфяной энергетики носит системный характер и присутствует на всех этапах – от добычи до эксплуатации.

2.1. Пожарная опасность на этапах добычи и хранения торфа

– **Самонагревание и самовозгорание:** Биохимические и физико-химические процессы в штабелях кускового и фрезерного торфа при влажности 30-50% и температуре окружающего воздуха выше 25°C могут привести к самонагреванию до температур тления (150-250°C) [4]. Риск особенно высок при нарушении правил складирования (высота штабеля, отсутствие вентиляции).

– Пылевоздушные смеси: В процессе дробления, сушки и транспортировки торфяная пыль образует взрывоопасные смеси с воздухом. Минимальная энергия зажигания такой пыли составляет менее 25 мДж, что делает её чрезвычайно опасной [5].

– Лесные и торфяные пожары: Добыча ведётся на осушенных болотах, где остаточный торфяной слой является высокогорючим материалом. Искры от техники или молнии могут инициировать масштабные подземные пожары.

2.2. Пожарная опасность в пределах энергообъекта (котельной/ТЭЦ)

– Топливоподача: Ленточные и скребковые транспортеры, бункера сырого торфа – зоны потенциального застревания и последующего тления материала.

– Помол и пневмоподача: Углеразмольные мельницы и пневмотранспорт для пылевидного торфа – наиболее вероятные места образования пылевоздушных смесей. Источников зажигания может быть несколько: механические искры, перегрев подшипников, электростатический разряд.

– Котлоагрегат: Нарушение режима сжигания, обратный ход пламени могут привести к взрывам в топке или газоходах.

– Система золоудаления: Горячая зола (температура может достигать 600-800°C) при попадании в неочищенные бункеры или контакт с горючими материалами (промасленная ветошь, древесина) вызывает пожар. Пылевидная фракция золы также способна образовывать взрывоопасные взвеси.

– Электрооборудование: Запыление электрощитов, двигателей, короткое замыкание – стандартные, но оттого не менее значимые риски.

3. Меры по снижению пожарной опасности и нормативное регулирование

3.1. Технологические и организационные меры:

1) **На этапе хранения:** Регламентация высоты и формы штабелей, мониторинг температуры с помощью термопар, устройство противопожарных разрывов и водоёмов.

2) На энергообъекте:

a. Устройство взрывных клапанов в местах возможного скопления пыли (топливные бункера, циклоны, бункера золы).

b. Монтаж систем аспирации и пылеудаления.

c. Применение искробезопасного инструмента.

d. Регулярная очистка от пыли и проливов топлива.

e. Оснащение системой автоматического пожаротушения, в том числе объёмного трения в помещениях пылеприготовления (на базе фторкетонов или тонкодисперсной воды) и системой пожаротушения в бункерах золы [6].

3) **Подготовка персонала:** Обязательное обучение по специфике пожаров торфа и пыли, проведение противоаварийных тренировок.

3.2. Нормативная база

В России основными регулирующими документами являются:

– Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

– СП 89.13330.2016 «Котельные установки».

– «Правила пожарной безопасности для предприятий торфяной промышленности» ППБО-135-80.

– Для пылевых систем – стандарты серии ГОСТ Р МЭК 60079, регулирующие взрывозащищённое электрооборудование.

Требования данных документов должны быть адаптированы в конкретных технико-технологических регламентах каждого предприятия.

Заключение и перспективы развития

Развитие торфяных мини-ТЭЦ, ТЭС и котельных представляет собой рациональный путь повышения энергетической самостоятельности отдельных регионов, особенно в

контексте импортозамещения. Однако устойчивое развитие этого направления невозможно без комплексного управления пожарными рисками.

Технологический прогресс в виде котлов с кипящим слоем и систем автоматического контроля снижает, но не устраняет опасность полностью. Ключевыми факторами безопасности остаются:

- проектирование с учётом специфики торфа как топлива на стадии технико-экономического обоснования (Techno-Economic Feasibility Study),
- неукоснительное соблюдение технологических и противопожарных регламентов на всех этапах,
- инвестиции в современные системы обнаружения и тушения пожаров, взрывозащиты и пожаротушения, которые должны закладываться в капитальные затраты (CAPEX) проекта,
- развитие системы утилизации золы, что снижает риски, связанные с её накоплением.

Перспективы связаны с интеграцией торфяной генерации в гибридные системы с ВИЭ (солнце, ветер), где она будет играть роль гарантированного резерва, а также с развитием технологий глубокой переработки торфа. Однако в любом сценарии оценка и минимизация пожарной опасности должны оставаться краеугольным камнем при эксплуатации объектов торфяной энергетики.

Список источников

1. International Peatland Society (IPS). Peatlands and Climate Change. [Электронный ресурс]. URL: <https://peatlands.org/> (дата обращения: 15.10.2023).
2. Министерство энергетики Республики Беларусь. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь. Минск, 2021. – 45 с.
3. Ovsyannikov, V. A., & Kuptsov, V. M. (2019). Combustion of Low-Grade Solid Fuels in Fluidized Bed Boilers: Experience and Prospects. *Thermal Engineering*, 66(9), 623-630. DOI: 10.1134/S0040601519090067.
4. Фомин, А. И., & Грачёв, С. А. (2020). Исследование процессов самонагрева и самовозгорания торфа при хранении. *Пожаровзрывобезопасность*, 29(3), 45-54.
5. ГОСТ Р 56289-2014 (EN 1127-1:2011). Взрывоопасные среды. Предотвращение взрыва и защита от взрыва. Часть 1. Основополагающие понятия и методика. М.: Стандартинформ, 2015.
6. NFPA 850. Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations. National Fire Protection Association, 2020 Edition.
7. Панин, В. Ф., & Соколов, К. В. (2018). Экологические и технико-экономические аспекты использования торфа в малой энергетике. *Энергосбережение и водоподготовка*, (4), 12-18.
8. Ройтенберг, И. Л. (2017). Пожарная опасность производств по переработке и использованию торфа: анализ и рекомендации. *Безопасность труда в промышленности*, (5), 67-72.

Евгений Викторович Ширяев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (shiryaev@bk.ru, SPIN 5890-4900, ID: 759806)

Алексей Андреевич Шевченко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (a5609434@yandex.ru, SPIN 3554-9949, ID: 1334352)

Применение гранулированного пеностекла в качестве альтернативного огнетушащего состава при углеводородном пожаре

Аннотация. В статье описаны преимущества гранулированного пеностекла в качестве альтернативного огнетушащего состава при углеводородном пожаре. Представлены термограммы горения бензина АИ-92 в емкости диаметром 15 см с гранулированным пеностеклом фракции 5-7 мм разной толщины слоя, а также зависимость критической высоты «сухого» слоя гранулированного пеностекла (при которой достигается самотушение) от давления насыщенных паров углеводородных жидкостей.

Ключевые слова: гранулированное пеностекло, углеводородный пожар, изоляция, самотушение, огнетушащий состав.

Evgeny V. Shiryaev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Alexey A. Shevchenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Application of granulated foam glass as an alternative fire-extinguishing agent in a hydrocarbon fire

Abstract. The article describes the advantages of granular foam glass as an alternative fire-extinguishing composition for hydrocarbon fires. It presents thermograms of the combustion of AI-92 gasoline in a 15 cm diameter container with granular foam glass of 5-7 mm fraction with different layer thicknesses, as well as the dependence of the critical height of the "dry" layer of granular foam glass (at which self-extinguishing is achieved) on the pressure of saturated vapors of hydrocarbon liquids.

Keywords: granular foam glass, hydrocarbon fire, insulation, self-extinguishing, fire-extinguishing composition.

Тушение углеводородных пожаров, включая нефть, нефтепродукты, а также полярные жидкости представляет сложную и, как показывает практика, не всегда решаемую задачу с помощью автоматических систем пожаротушения.

Традиционные огнетушащие составы и технические средства их применения имеют определенные достоинства и недостатки. Например, при тушении крупных углеводородных пожаров в большинстве случаев применяется пенное пожаротушение. При этом условиях дефицита пресной воды, а также в условиях холодного климата его эффективность значительно снижается и возрастают экономические затраты. Применение фторсодержащих пенообразователей для тушения полярных жидкостей наносит большой экологический ущерб, а ограниченный срок службы пенообразователя требует дальнейшей его утилизации, что влечет за собой дополнительные расходы.

Накопленный опыт пожаротушения на объектах хранения горючих жидкостей говорит о том, что развитие топливно-энергетического комплекса невозможно без совершенствования

технологий тушения углеводородных пожаров, в том числе с применением альтернативных способов. Основными приоритетами в совершенствовании способов тушения пожаров на объектах с горючими жидкостями являются: эффективность, экономичность и безопасность.

В качестве альтернативы традиционным огнетушащим составам или повышении эффективности их применения предлагается использовать гранулированное пеностекло, которое представляет собой материал, полученный путем вспучивания стеклянного сырья с добавлением порообразующих добавок.

Гранулированное пеностекло сочетает в себе уникальный ряд физических свойств: низкая теплопроводность 0,03–0,07 Вт/(м·°C), низкая паропроницаемость, 0,004 – 0,009 мг/(м·ч·Па), низкая плотность 120–200 кг/м³, температура разрушения > 800 °C, совокупность которых позволяет его использовать для тушения углеводородных пожаров. Тушение горючих жидкостей, на поверхность которых нанесен слой гранулированного пеностекла достигается за счет изоляции зеркала испарения, ограничения доступа кислорода к поверхности жидкости и снижение тепломассообмена за счет уменьшения интенсивности горения. По результатам многочисленных теоретических и экспериментальных работ установлена критическая (минимальная) толщина гранулированного пеностекла, при которой достигается эффект гашения пламени различных углеводородных жидкостей. За счет низкой теплопроводности поверхность материала, практически, не нагревается, что приводит к нарушению теплового баланса поддержания горения [2]. На рисунке 1 представлены термограммы горения бензина АИ-92 в емкости диаметром 15 см с гранулированным пеностеклом фракции 5–7 мм разной толщины слоя.

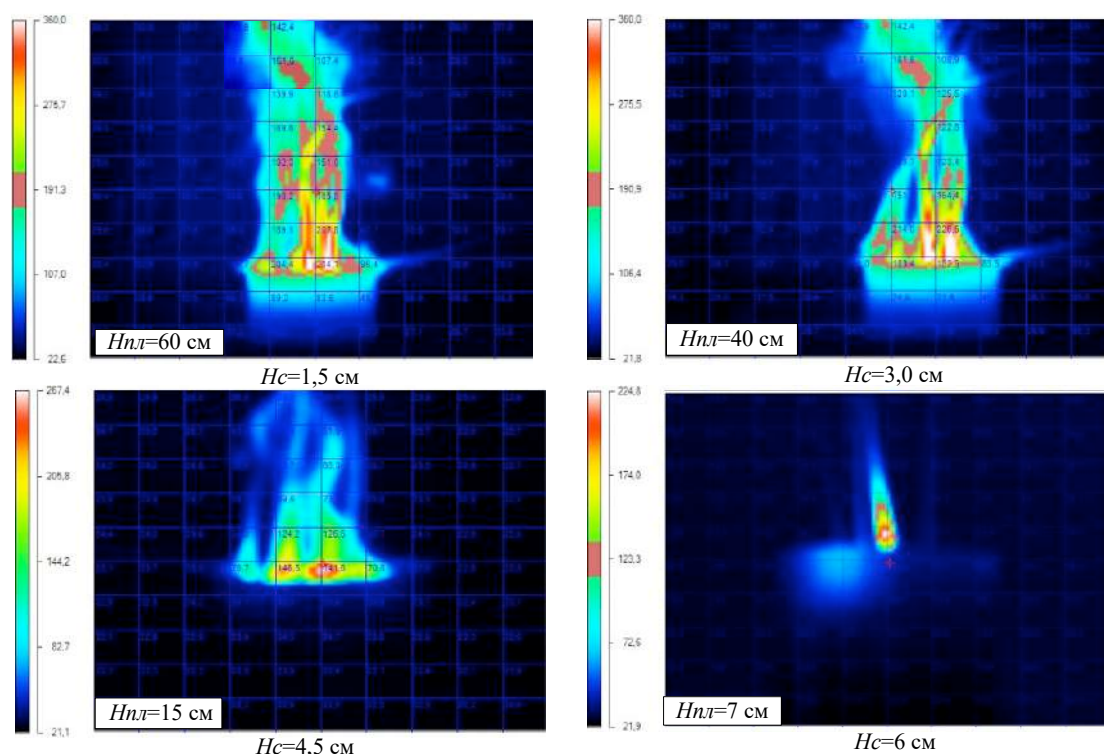


Рисунок 1 – Термограммы горения бензина АИ-92 в емкости с гранулированным пеностеклом фракции 5–7 мм

С помощью тепловизора Fluke Ti20 были сняты термограммы. По результатам эксперимента заметно, что с увеличением толщины слоя пеностекла снижается высота пламени $H_{пл}$ и температурное поле. Для слоя гранулированного пеностекла толщиной 1,5 см максимальная $H_{пл} = 60$ см, для 3,0 см – $H_{пл} = 40$ см, для 4,5 см – $H_{пл} = 15$ см, для 6,0 см – $H_{пл} = 6$ см и при 7,5 см – горение не поддерживалось.

В работах [3,4] экспериментально определялась критическая высота «сухого» слоя пеностекла H_{cr} , при которой происходило самотушение горючих жидкостей, включая полярные жидкости (бензин, дизельное топливо, ацетон, этиловый спирт, керосин авиационный, гексан). В результате была получена зависимость критической высоты «сухого» слоя гранулированного пеностекла (при которой достигается самотушение) от давления насыщенных паров углеводородных жидкостей, рисунок 2.

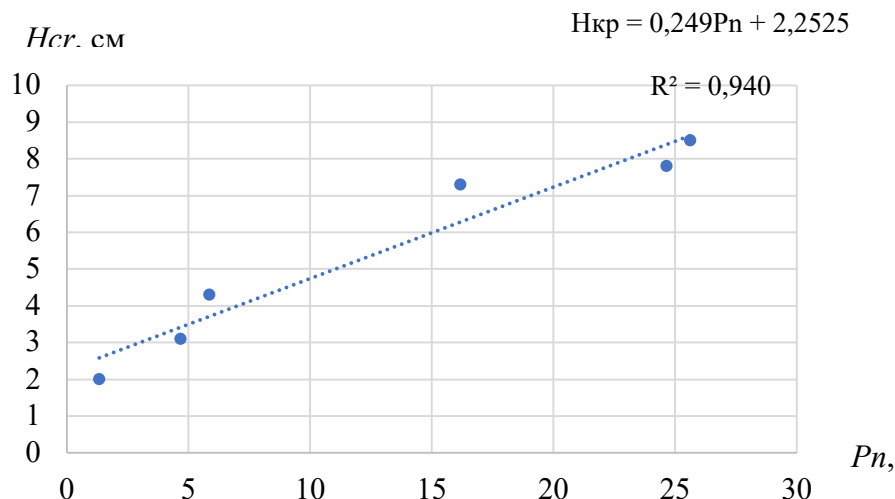


Рисунок 2 – Зависимость критической высоты «сухого» слоя пеностекла H_{cr} от давления насыщенных паров P_n в емкости диаметром 15 см

С увеличением давления насыщенных паров углеводородной жидкости для прекращения горения в емкости с гранулированным пеностеклом растет критическая высота «сухого» слоя пеностекла H_{cr} . Ценность данной зависимости состоит в том, что только по одному показателю пожарной опасности «давление насыщенных паров» можно определить минимально необходимую толщину слоя пеностекла, необходимого для тушения различного класса углеводородных жидкостей.

Для совершенствования альтернативного способа тушения пожара на основе применения гранулированного пеностекла необходимо проведение подобных экспериментальных исследований на более широкой линейке жидких углеводородов, а также проведение крупномасштабных испытаний.

Список источников

1. Ширяев Е.В. Перспективы развития тушения пожаров углеводородных жидкостей гранулированными материалами. сборник материалов Международной научно-практической конференции. «Обеспечение безопасности нефтяных объектов». – М. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2024. - С. 113-121.
2. Ширяев Е.В., Сабуров Д.С. Применение сыпучих неорганических материалов для снижения пожарной опасности аварийных проливов горючих жидкостей. Материалы IV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых учёных, преподавателей: сборник научных трудов: Технологии материалов. Ульяновск, 2024. С. 63-66.
3. Ширяев, Е.В. Снижение пожарной опасности локальных проливов углеводородных жидкостей на основе применения гранулированного пеностекла: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Ширяев Евгений Викторович. – М., 2022. – 183 с.
4. Способ снижения пожарной опасности аварийных проливов углеводородных жидкостей: патент на изобретение №2776188 С1 Российская Федерация. №2021126989 / Ширяев Е.В., Назаров В.П.; заявл. 13.09.2021; опубл. 14.07.2022, Бюл. №20.

Станислав Николаевич Королев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (stas_korolev_1996@mail.ru, SPIN 3318-7226, ID: 1212074)

Владимир Анатольевич Сулименко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (sulimenko39@yandex.ru, SPIN 2350-8022, ID: 445282)

Анализ влияния огнетушащего аэрозоля на различные огнетушащие составы

Аннотация. В работе представлены экспериментальные результаты влияния огнетушащего аэрозоля на различные огнетушащие составы такие как различные огнетушащие порошки и гидрогель.

Ключевые слова: пожаротушение, огнетушащий состав, эксперимент, температура.

Stanislav N. Korolev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Vladimir A. Sulimenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Analysis of the effect of fire-extinguishing aerosol on various fire-extinguishing compositions

Abstract. The paper presents the experimental results of the effect of fire-extinguishing aerosol on various fire-extinguishing compositions, such as various fire-extinguishing powders and hydrogel.

Keywords: fire extinguishing, fire-extinguishing composition, experiment, temperature.

В Российской Федерации и по всему миру существует значительное количество объектов, подверженных риску возгорания, требующих особых и эффективных средств для тушения пожаров. Промышленные предприятия, такие как химические, нефтехимические, нефтегазоперерабатывающие и электронные заводы, представляют собой особый класс объектов, где эффективное пожаротушение имеет критическое значение для сохранности оборудования, собственности и безопасности работников.

Однако, наряду с современными методами тушения, такими как водяные, пенные, газовые, аэрозольные и порошковые системы, исследователи и инженеры стремятся к созданию более передовых и высокоэффективных средств тушения, которые способны справляться с различными видами пожаров, включая тлеющие материалы и риски повторного возгорания.

Наиболее перспективным путем разрешения этой проблемы, является разработка составов комбинированного действия, которые объединяют основные свойства различных огнетушащих материалов, таких как ингибирование, охлаждение и снижение концентрации кислорода в области горения.

Разработка комбинированных огнетушащих составов [6] является наиболее перспективным подходом для повышения эффективности пожаротушения. Эти составы объединяют свойства различных классов огнетушащих средств, что позволяет увеличить их эффективность применения. Один компонент состава дополняет огнетушащую способность другого, а также обеспечивает более эффективную доставку огнетушащего вещества в очаг пожара.

Автоматические системы пожаротушения можно классифицировать в зависимости от типа используемых огнетушащих материалов, такие как водные, пенные, газовые,

аэрозольные и порошковые. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и области применения.

Для проведения эксперимента была поставлена цель определить, как будет влиять прямонаправленный поток выходящего огнетушащего аэрозоля на различные огнетушащие порошки и гидрогеля и при какой температуре происходит не эффективность. Результат данного эксперимента позволит определить при какой температуре и как данная температура влияет на огнетушащий состав, и влияние прямонаправленного потока выходящего аэрозоля на огнетушащие составы.[1], [2]

При проведении эксперимента было использовано: емкость для огнетушащего состава, штатив, газовая горелка, преобразователи температуры, регистратор данных генератор огнетушащего аэрозоля и различные огнетушащие составы. Проведение эксперимента: в емкость для огнетушащего состава был помещен огнетушащий состав, размещены преобразователи [3], [4] температуры на поверхности огнетушащего состава на месте влияния газовой горелки, на дне емкости, газовая горелка разместили на штатив и направили выход на огнетушащий состав, термические преобразователи подключили к регистратору данных и провели опыт. Получили результаты опыта:

- При температуре $+220^{\circ}\text{C}$ на поверхности огнетушащего порошка, огнетушащий порошок скомкался, на дне емкости под огнетушащим порошком температура достигла $+50^{\circ}\text{C}$.

- При температуре $+300^{\circ}\text{C}$ на поверхности гидрогель покрылся коркой, на дне емкости под гидрогелем температура сохранилась $+60^{\circ}\text{C}$.

Проведение эксперимента с прямонаправленным огнетушащим аэрозолем на огнетушащие составы. Принцип проведения эксперимента вышеописан, вместо газовой горелки использовался генератор огнетушащего аэрозоля. Получены следующие результаты:

- при температуре $+185^{\circ}\text{C}$ на поверхности огнетушащего порошка №1, огнетушащий порошок скомкался, на дне емкости под огнетушащим порошком температура достигла $+50^{\circ}\text{C}$ (Рисунок 1);

- при температуре $+177^{\circ}\text{C}$ на поверхности огнетушащего порошка №2, огнетушащий порошок скомкался, на дне емкости под огнетушащим порошком температура достигла $+50^{\circ}\text{C}$ (Рисунок 2);

- при температуре $+258^{\circ}\text{C}$ на поверхности гидрогель покрылся коркой, на дне емкости под гидрогелем температура сохранилась $+52^{\circ}\text{C}$.

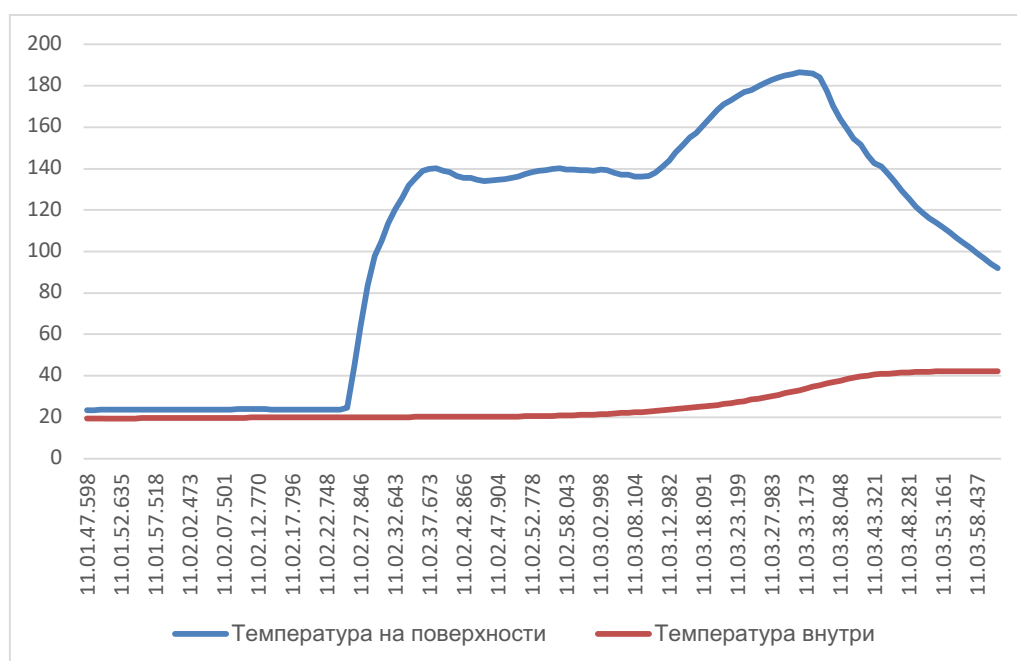


Рисунок 1– Влияние огнетушащего аэрозоля на огнетушащий порошок №1

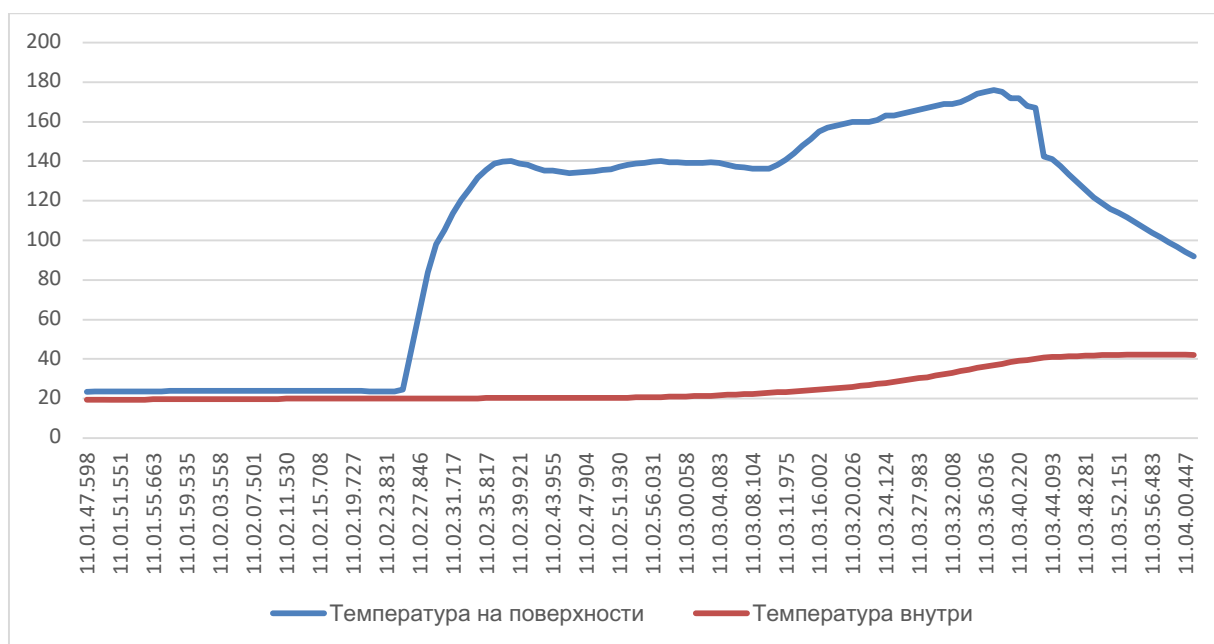


Рисунок 2– Влияние огнетушащего аэрозоля на огнетушащий порошок №1

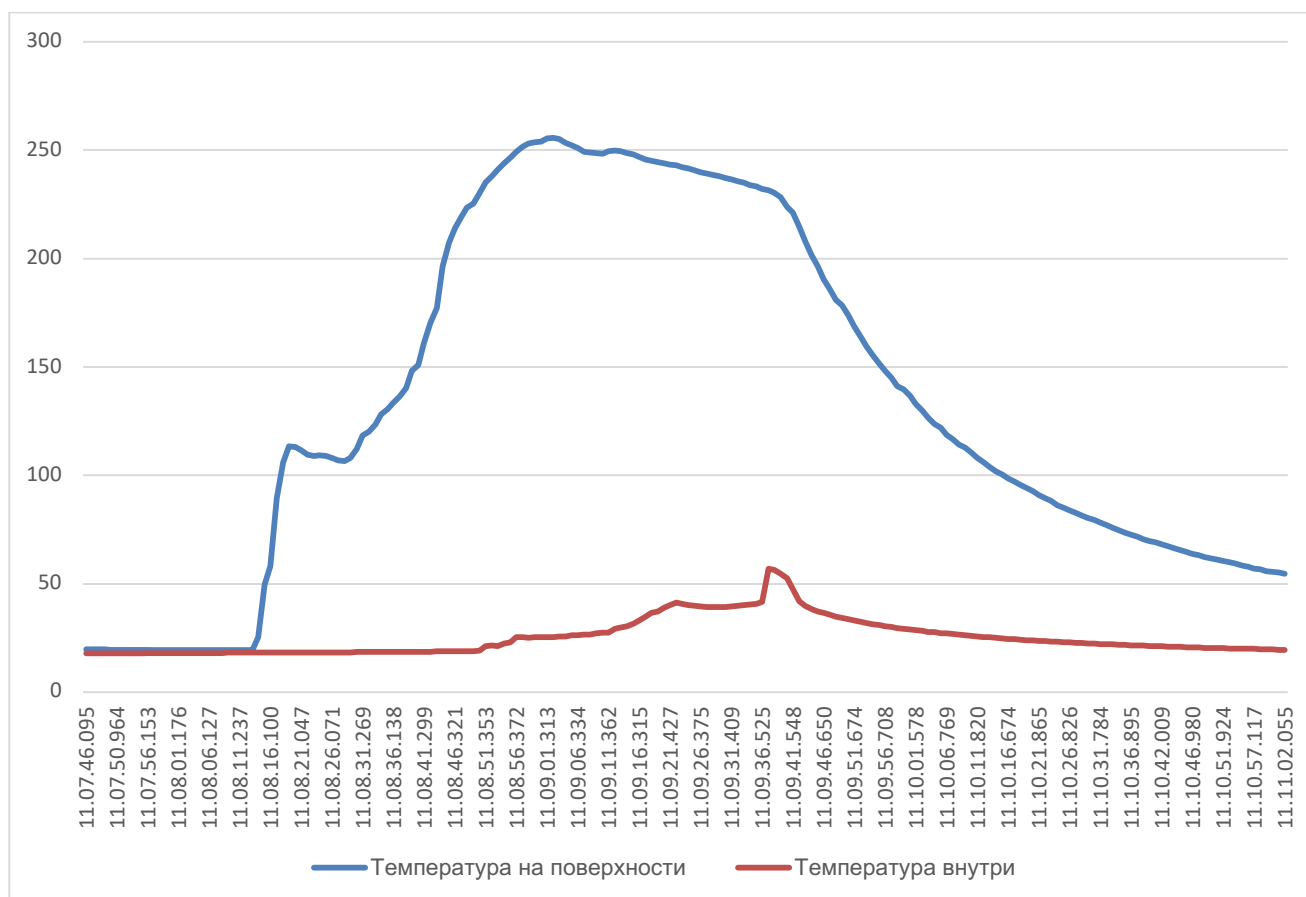


Рисунок 3 – Влияние огнетушащего аэрозоля на гидрогель

Анализируя результаты проведенных экспериментов сделан вывод что для комбинирования огнетушащих составов таких как различные огнетушащие порошки, гидрогель, пеноэмульсии, растворы пенообразователя возможно скомбинировать. Для их комбинирования требуется разработка различных устройств и установок для правильного их комбинирования. [5]

Список источников

1. А.Н. Баратов. Горение-Пожар-Взрыв-Безопасность. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, Балашиха 2004, - 46 с.
2. А.Н. Баратов, Н.П. Копылов, С.Г. Цариченко, В.Я. Киселев, Е.В. Курбатов, Н.И. Силаева, А.П. Евдаков, В.Д. Коротков, Д.Ю. Мышак, В.Г. Кулаков, А.Е. Мешалкин. Комбинированный состав для объемного пожаротушения. Патент № 2156630 от 27.09.2000 г.
3. Копылов С.Н., Здор В.Л., Порошин А.А. Системный подход к проектированию средств пожарной сигнализации // Safety & Fire Technology. Москва 2013. № 2. – 5 с.
4. Тайсумов Х.А. Огнетушитель углекислотный комбинированный // ФГБУ ВО АГПС МЧС России, Москва 2016 – 9 с.
5. Батов Д.В., Антонова О.А., Мочалова Т.А., Строкина О.Е. Исследование термохимических характеристик микроэмульсий вода – ПАВ – ингибитор горения (2-иодгептафторпропан) при стандартных условиях с целью создания комбинированных огнетушащих средств // Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, Иваново 2020. — № 8 (298). — 54 с.
6. Смирнов А.В., Сулименко В.А., Королев С.Н., Новиков И.Н., Серенков А.С. Комбинированные составы пожаротушения// Материалы научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня образования Академии ГПС МЧС России. В 5-ти частях. Москва, 2024 – 104 с.

УДК 614.841.12
ББК: 38.5

Владислав Ярославович Гладченко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (vgladchenko01@mail.ru, SPIN 3577-6740, ID: 1116081)

Рустам Ильгар оглы Ибрагимов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (rust423j090@mail.ru, SPIN 4038-2224, ID: 1330490)

Иван Александрович Ольховский

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (95ch.r@mail.ru, SPIN 4380-8730, ID: 771909)

Азиз Ахмед-Беширович Гаплаев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (95ch.r@mail.ru, SPIN 6878-4794, ID: 1045403)

Влияние интенсивности подачи огнетушащих веществ пожарной ствольной техникой на пожароустойчивость светопрозрачной конструкции

Аннотация. При возникновении пожара происходит активное тепловыделение, следовательно, необходимо учитывать количество тепла, которое следует отвести от горящей поверхности, для её дальнейшего эффективного тушения. В данной статье, будет рассмотрен основной способ повышения пожароустойчивости светопрозрачных конструкций (далее – СПК) и описано проведенное экспериментальное исследование по механизму охлаждения поверхности средствами подачи огнетушащих веществ (далее – ОТВ).

Ключевые слова: интенсивность подачи, огнетушащие вещества, пожарная ствольная техника, пожароустойчивость, светопрозрачные конструкции.

Vladislav Ya. Gladchenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Rustam I. Ibragimov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Ivan A. Olkhovsky

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Asis A. Gaplaev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Effect of fire extinguishing intensity on fire resistance of translucent construction

Abstract. When a fire occurs, there is an active heat emission, therefore, it is necessary to take into account the amount of heat that should be removed from the burning surface for its further effective quenching. In this article, the main method of increasing the fire resistance of translucent structures will be considered and an experimental study on the mechanism of surface cooling by means of delivery of extinguishing substances will be described.

Keywords: Intensity of supply, fire-extinguishing substances, fire-fighting equipment, fire resistance, translucent structures.

Изучение пожароустойчивости светопрозрачных конструкций (далее – СПК) в нашей стране производится достаточно давно. Это в значительной степени обусловлено активным использованием СПК в строительстве. Основным способом повышения пожароустойчивости СПК является применение орошения как изнутри помещения, так и со стороны фасада. В связи с этим, летом 2025 года в Оренбургском филиале ВНИИПО была проведена серия испытаний

на пожароустойчивость светопрозрачных конструкций. Основной целью данных испытаний являлось экспериментальное подтверждение эффективности применения пассивного орошения для повышения пожароустойчивости СПК, что и было доказано.

Основная трудность с которой столкнулись исполнители в ходе натурных экспериментов, реализация различных сценарием орошения стекла при условном пожаре [1,2].

Для выполнения поставленной задачи интенсивность подачи ОТВ, которое действует согласно механизму охлаждения поверхности горючего материала должно выполнять следующее условие: интенсивность охлаждения должна быть выше суммарной интенсивности нагрева материала.

На основе этого составляется уравнение теплового баланса, которое позволяет определить то количество тепла, которое следует отвести для дальнейшего тушения пожара:

$$Q_{\text{ОТВ}} = q_{\text{ОТВ}} \cdot t_{\text{туш}} \cdot \rho_{\text{ОТВ}} \cdot Q_{\text{уд}}^{\text{в}} \quad (1)$$

где:

$q_{\text{ОТВ}}$ – расход ОТВ, л/с;

$t_{\text{туш}}$ – время тушения, с;

$\rho_{\text{ОТВ}}$ – плотность ОТВ, кг/м³;

$Q_{\text{уд}}^{\text{в}}$ – удельное количество теплоты испарения ОТВ, Дж/(кг·°C).

Данное уравнение связано прямо пропорционально с интенсивностью подачи ОТВ, исходя из определения, а именно: интенсивность подачи ОТВ (I) определяется расходом ОТВ, поданный в процессе тушения на единицу площади ($S_{\text{туш}}$). Таким образом, если выразить расход ОТВ через интенсивность подачи, то уравнение 1 примет вид:

$$Q_{\text{отвед}} = I \cdot S_{\text{туш}} \cdot t_{\text{туш}} \cdot \rho_{\text{ОТВ}} \cdot Q_{\text{уд}}^{\text{в}} \quad (2)$$

Данная формула (2) характеризует связь процесса горения с интенсивностью подачи ОТВ [3].

К наиболее пожароопасным помещениям объектов энергетики относятся машинные залы. При возникновении пожара тепловые потоки представляют серьёзную опасность для незащищённых металлических конструкций, к примеру, ферм, балок, колонн. При достижении критической температуры для данных конструкций ($\approx 500^\circ\text{C}$), велика вероятность обрушения, что приведет к более серьёзным последствиям.

При воздействии тепловых потоков на металлические строительные конструкции происходят следующие процессы: снижение прочности материала; перераспределение внутренних силовых нагрузок; возникновение температурных напряжений [4,5].

В качестве примера процесса охлаждения поверхности далее будут описаны эксперименты по оценке влияния водяного орошения на вертикальную поверхность (светопрозрачная строительная конструкция – далее стекло).

Водяное орошение использовалось в двух вариантах: орошение с обогреваемой и не обогреваемой сторон. Также будет приведен сравнительный анализ процесса нагрева с использованием водяного орошения и без него.

Стекло была размерами 1600×1800 мм. Схема расположения термопар показана на рисунках 1 и 2. Термопары 1-3 расположены на необогреваемой стороне, термопары 4-6 – на обогреваемой.

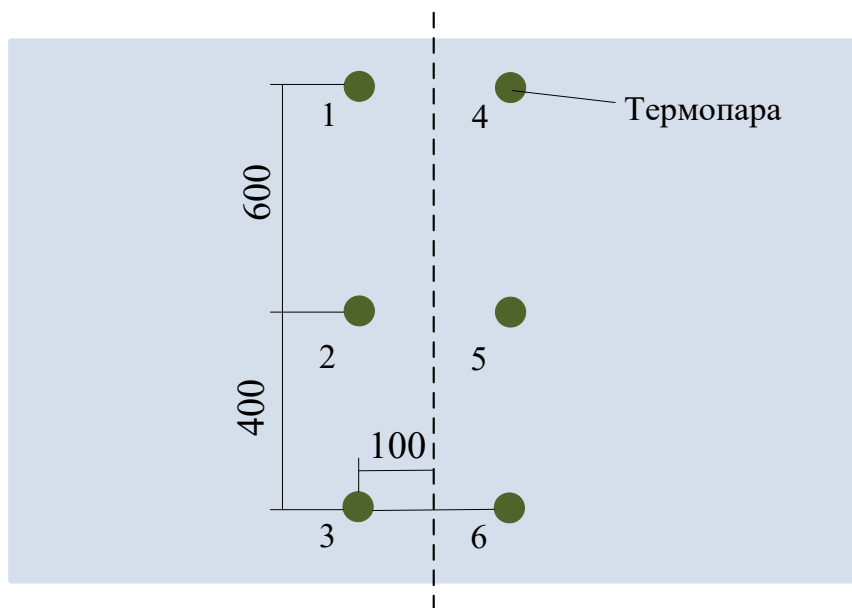


Рисунок 1 – Схема расположения термопар



Рисунок 2 – Расположение термопар

На рисунке 3 показана зависимость температуры от времени нагрева при проведении экспериментов. Начало зависимостей с момента времени 1,22 мин обусловлено нагревом самой установки и выходом на стандартный температурный режим горения. До этого момента температура постоянна и составляет в среднем 45°C . Эксперимента с орошением с обогреваемой стороны проводился в течении одного часа, так как в течении этого времени стекло не было разрушено в процессе нагрева. С целью сравнения трёх экспериментов график ограничен единым значением времени равным 8,42 мин.

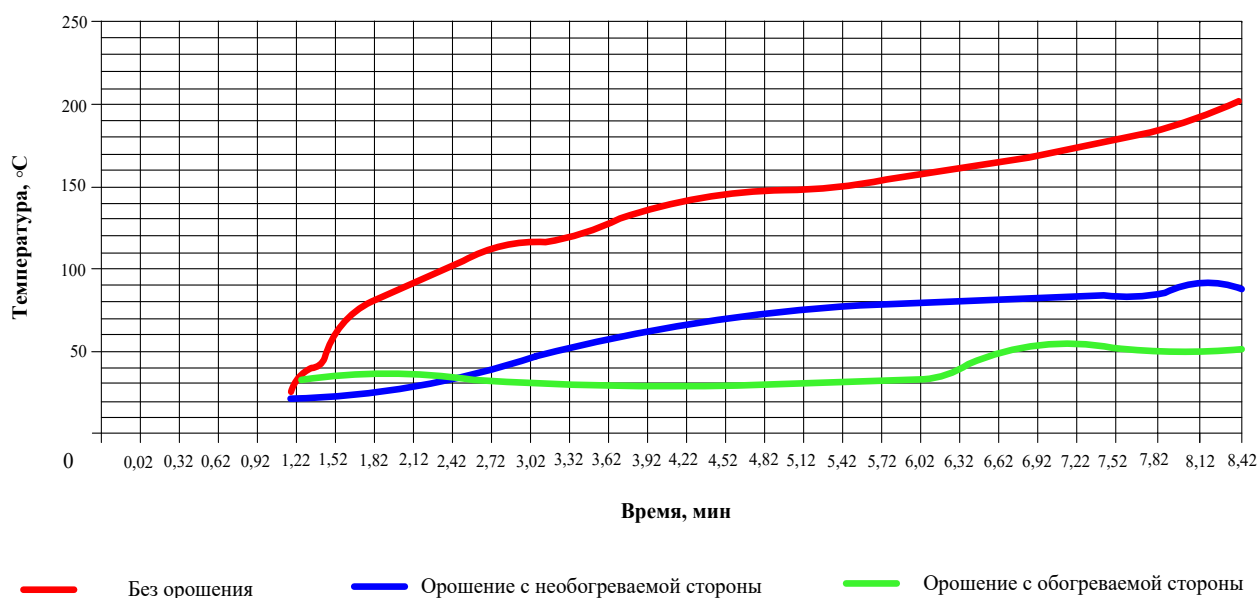


Рисунок 3 – Зависимость температуры от времени без орошения

Также были получены данные с тепловизора при проведении эксперимента с орошением с неотапливаемой стороны, которые показаны на рисунке 4. Где слева показана спектральное изображение тепловизора, а справа – реальный процесс нагрева с орошением.

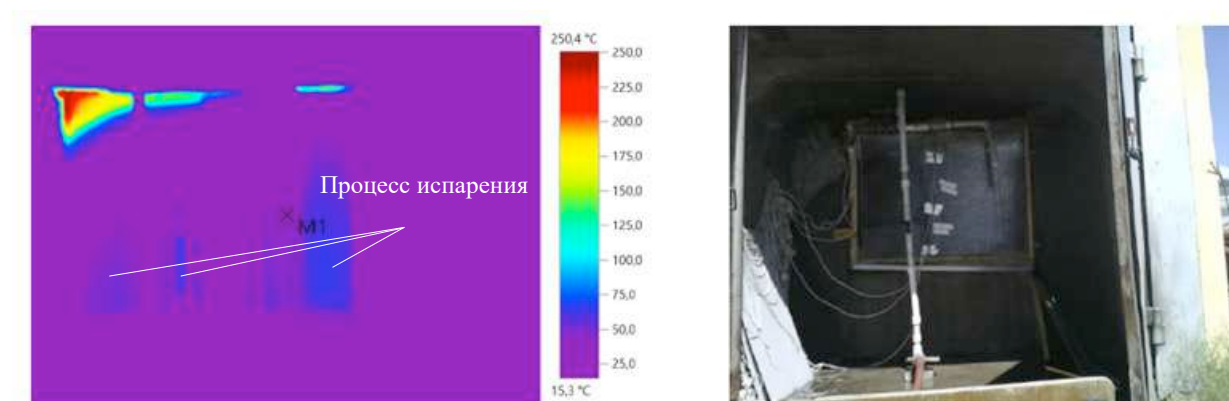


Рисунок 4 – Изображение с тепловизора при орошении неотапливаемой стороны

Из рисунка 4 видно, что в левом верхнем углу не обеспечивается эффективное орошение, когда как основная поверхность эффективно охлаждается. Также видно, что уже при значительной температуре внутри камеры, потоки воды начали испаряться с неотапливаемой поверхности. При этом интенсивность орошения обеспечивалась при давлении равным 0,01 МПа, что значительно ниже рабочего давления данного средства подачи. Несмотря на это, всё равно обеспечивалась эффективная интенсивность орошения поверхности.

Таким образом, на основании проведенных экспериментов были получены данные о влиянии водяного орошения поверхности с разных сторон орошения. Наиболее эффективное орошение поверхности происходит с обогреваемой стороны, так как целостность поверхности не была нарушена на протяжении всего эксперимента и снижение температуры нагрева составляет $\approx 25,7\%$. Интенсивность орошения при этом составляла $0,0081 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$.

Можно сделать вывод о том, что аналогичным будет и охлаждение строительных конструкций объектов энергетики, то есть орошение конструкций внутри объекта, что будет учтено в дальнейшем исследовании по оценке определения параметров струй огнетушащих

веществ роботизированных установок пожаротушения, обеспечивающих эффективную огнетушащую интенсивность.

Список источников

1. Казиев М.М., Зубкова Е.В. Повышение пожароустойчивости многослойных стекол с полимерной пленкой водяным орошением // Полимерные материалы пониженной горючести: Сборник тезисов XII Международной конференции, Балашиха, 09–12 сентября 2025 года. – Балашиха: Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС РФ, 2025. – С. 486-489. – EDN PJFYVU;
2. Казиев М.М., Зубкова Е.В. Нормирование водяного орошения для светопрозрачных конструкций // Ройтмановские чтения: Сборник материалов XIII научно-практической конференции, Москва, 20 марта 2025 года. – Москва: Академия государственной противопожарной службы МЧС России, 2025. – С. 53-56. – EDN WTMUXC;
3. Абдурагимов И.М., Говоров В.К., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: Редакционно-издательский отдел ВИПТШ МВД СССР, Москва, 1980 г;
4. Томаков В.И., Томаков М.В., Пахомова Е.Г. Защита пространственных металлических конструкций машинных залов энергетических объектов от воздействия высоких температур в условиях пожара // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2018. – Т. 8, № 1(26). – С. 67-80. – EDN XNGPFB;
5. Bailey C.G., Burgess I. W. & Plank R. J. Analyses of the Effects of Cooling and Fire Spread on Steel-framed Buildings // Fire Safety Journal, №26 (1996), pp. 273-293.

УДК 622.8.662
ББК 3.33н

Александр Викторович Черных

ООО «Научно-производственное объединение «ГОРИЗОНТ», Молодогвардейск, Луганская Народная Республика, Россия (npogorizont@inbox.ru)

Александр Вячеславович Агарков

ФГКУ «Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС России», Донецк, Донецкая Народная Республика, Россия (ennio_80@mail.ru)

Андрей Николаевич Гришин

ФГКУ «ВГСЧ ЛНР», Луганск, Луганская Народная Республика, Россия (vg SchlNr@list.ru)

Александр Викторович Колосков

ФГКУ «ВГСЧ ЛНР», Луганск, Луганская Народная Республика, Россия (vg SchlNr@list.ru)

Сергей Владимирович Бордунов

ООО «Научно-внедренческое предприятие «ЭЧТЕХ», Томск, Россия (sbordunov@yandex.ru)

Реализация способа, технологии генерации подачи воды в метастабильном состоянии на шахте Распадская, перспективы применения

Аннотация. Статья посвящена актуальной научно-технической проблеме профилактики, локализации и тушению подземных пожаров и предотвращению взрывов пыле-газовоздушных смесей на шахтах и рудниках. Рассмотрены результаты научно-промышленного эксперимента, проведенного на шахте «Распадская» ОАО «Распадская» разработанного способа и технологии «Генерации воды в метастабильном состоянии» (далее - ВМСС). Генерации и подачи ВМСС с целью профилактики, локализации, тушения подземных пожаров и предотвращения взрывов пыле-газовоздушных смесей» и оборудование для его реализации.

Ключевые слова: угольные шахты, тушение подземного пожара, вода в метастабильном состоянии, инертизация выработок, эффект тушения, предотвращение взрыва.

Aleksandr V. Chernyh

Limited Liability Company Scientific and Production Association «GORIZONT», Molodogvardeysk, Russia

Aleksandr V. Agarkov

Research Institute «Respirator» of EMERCOM of Russia, Donetsk, Russia

Andrey N. Grishin

Federal state Treasury institution «Military mining part of Lugansk People's Republic»

Aleksandr V. Koloskov

Federal state Treasury institution «Military mining part of Lugansk People's Republic»

Sergey V. Bordunov

Public Corporation Scientific-innovation enterprise «Echteh», Tomsk, Russia

Experimental applicatiof the method and technology of generation and supply of activated structured mist

Abstract. The article is devoted to the actual scientific and technical problem of prevention, localization and extinguishing of underground fires and prevention of explosions of dust-gas-air mixtures in mines and mines. The results of an industrial experiment conducted at the Raspadskaya mine of JSC «Raspadskaya» of the developed method and technology of «Generation, supply of activated structured fog for the purpose of prevention, localization, extinguishing of underground fires and preventing explosions of dust-gas-air mixtures and equipment for its implementation are considered.

Keywords: coal mines, fire extinguishing, temperature-activated water, inertia of workings, extinguishing effect, explosion prevention.

Учеными Академии ГПС МЧС России совместно со специалистами ООО «Научно-производственное объединение «ГОРИЗОНТ» и ООО «Научно-внедренческое предприятие «ЭЧТЕХ» разработан способ и технология «Генерация воды в метастабильном состоянии с целью профилактики, локализации, тушения подземных пожаров и предотвращения взрывов пыле-газовоздушных смесей» и оборудование для ее реализации (далее – ВМСС).

Использование указанного способа и технологии позволяет создать безопасную для человека огнетушащую и взрыволокализирующую среду в горных выработках и выработанных пространствах шахт и рудников, что чрезвычайно важно при одновременном выводе людей с аварийного участка и подачи ВМСС с мультипликационным положительным эффектом.

Основные функциональные задачи применения ВМСС:

- предотвращение возможности воспламенения и взрыва газо-пылевоздушной среды на аварийном участке опасного производственного объекта;

- прекращение процесса горения, основанного на новых физических принципах;

- эффективное удаление или осаждение продуктов горения и АХОВ, вредных рудничных газов;

- быстрое уменьшение температуры продуктов горения рудничного пожара, как на путях эвакуации, так и в непосредственной близости от очага пожара, обеспечивается тем, что размер большинства капель «водяного тумана» ВМСС составляет от 1,0-5,0 и до 10,0-90,0 мкм, с поверхностной площадью до 60 000 м² в 1 кг. воды, поэтому капли витают и не осаждаются, огибают препятствия, остаются в охлаждаемом объеме и практически вся вода участвует в процессе охлаждения;

- тушение подземного пожара возможно как поверхностным (активно-непосредственным), так и объемно-дистанционным способами.

Основные параметры, реализованные технологически ВМСС – интенсивность генерации температурно-активированной среды (далее – ТАС) не менее 5 м³/с (18 000 м³/час) и более или обеспечение взрыво-пожаробезопасной среды (присутствие ТАС в рудничной атмосфере 32%) 55 000 м³/час.

Установка получения ВМСС смонтирована на автомобильном шасси повышенной проходимости и может быть транспортирована как железнодорожным, так и морским транспортом. Также разработана конструкция установки получения ТАС, размещенной в контейнере или группе контейнеров с возможностью транспортировки вертолетом.

Для обеспечения непрерывной работы одной установки требуется заправка дизельным топливом из расчета 160 литров в час, водой 8 тонн в час и пенообразователя, смачивателя или иного реагента ПАВ или, например фреона 200 литров в час (при необходимости). При этом установка будет образовывать в зоне действия рудничного пожара огнетушащую концентрацию комбинированного воздействия.

Еще одна возможность, которая реализуется при использовании технологии ВМСС это выбор оптимальных параметров «водяного тумана» за счет изменения температуры недогретой воды (воды в метастабильном состоянии с дополнительными физическими свойствами).

Недогретой называют воду, которая, находясь в замкнутом объеме, при температуре более 100°C и при давлении больше атмосферного не вскипает и не переходит в пар, если давление недогретой воды быстро уменьшается до атмосферного, то происходит почти мгновенное её вскипание. В результате вскипания одна часть (до 30%) недогретой воды переходит в пар, а другая часть трансформируется на капли диаметром 1,0 – 10,0 мкм, эти капли и водяной пар образуют «водяной туман с добавленными физическими свойствами».

Регулирование температуры недогретой воды позволяет изменять соотношение между паровой и водяной фазами «водяного тумана» и управлять размером капель воды в ТАС.

Основные преимущества использования температурно-активированной воды:

- струи температурно-активированной воды эффективно осаждают дым и уменьшают взрывоопасные концентрации газов абсорбируя их;
- струи температурно-активированной воды могут быть использованы для тушения практически всех видов горючих веществ, которые не вступают в химическую реакцию с водой с выделением большого количества тепла или горючих газов;
- струи температурно-активированной воды эффективно тушат бензины различных марок, нефтепродукты, спирты, ацетон, другие углеводороды и водорастворимые жидкости, а также твердые материалы: уголь, древесину, резину, поливинилхлорид, полистирол и др.;
- наиболее эффективно струи температурно-активированной воды тушат пожары в замкнутых объемах.

Разработана технология получения ТАС с размером капель воды от 0,01 до 10 мкм и более. За счет изменения сочетания температуры, давления и типа распылителя недогретой воды удастся добиться изменения соотношения паровой и капельной фаз ТАС в достаточно широких пределах – до 1/3 паровой и 2/3 капельной массовой доли от общей массы недогретой воды. Дополнительная структуризация ВМСС в ТАС реализуется за счёт использования специальных средств, реализующих магнито-ядерные резонансные явления, значительно повышая тем самым получаемый огнетушащий и взрыволокализирующий эффект, а также увеличивая временной цикл ВМСС.

Успешный опыт научно-промышленного и экспериментального применения данного способа и технологии был получен на шахте «Распадская» ОАО «Распадская» в декабре 2012 года. Подача огнетушащей среды, полученной из шахтной воды, была осуществлена двумя установками с поверхности в зону действующего пожара № 63экз через скважину № 6-3 пласта 6-6а на глубину до 350 м.

Согласно Акта оценки производственного научно-исследовательского эксперимента по «Возможности и целесообразности использования ГенТАС (тоже что ВМСС) для целей подземного пожаротушения, многоцелевой выработки добычного и выработанного пространств для профилактики подземных пожаров и газодинамических явлений в условиях ОАО «Распадская», экспериментально была отмечена повышенная способность смачивания парокапельной смесью слоя угольной пыли дисперсностью менее 74 мкм, приводя ее в инертное состояние (невозможность перехода в состояние аэрозоля). Получаемая парокапельная смесь способна абсорбировать АХОВ и другие пожарные газы.

На основании натурных экспериментов опробования технологии использования температурно-активированной воды для связывания и инертизации отложений угольной пыли в горных выработках, разработаны и опробованы технические возможности подачи ВМСС в горные выработки (со средой ТАС пенообразователя, смачивателя и других реагентов для усиления проникающего и изолирующего эффектов среды ТАС («левитирующая пена» - ЛП) с целью дистанционно-локального тушения очагов пожаров и инертизации угольной пыли).

Как показала практика промышленного экспериментального применения, часть среды ТАС при длительном соприкосновении с поверхностью горных выработок, пластами и оборудованием, имеющим меньшую температуру, конденсируется, поэтому создание среды ТАС требуется подавать ВМСС с расчётным запасом. Коэффициент запаса принимается при изучении особенностей зоны пожара, имеющихся точек подачи и может составлять от 1,2 до 3. Также имеет место накопительный эффект качества ВМСС в горных выработках и в процессе подачи указанный коэффициент уменьшается. Отмечен феномен переноса свойств ВМСС на окружающие горные породы, древесину и прочее.

Таким образом, для достижения огнетушащей концентрации при заполнении объема подземного (выработанного) пространства около 1 000 000 м³ потребуются примерно двенадцать часов (расчетное время, для фактических условий шахты Распадская зафиксировано 24-32 часов) непрерывной работы двумя установками ВМСС. Для целей уменьшения времени тушения подземного пожара требуется учитывать особенности совместной работы двух и более установок на одну скважину или трубопровод. Работу установки обеспечивают два человека. Для непрерывной подачи ВМСС в течение суток и более, с учетом двухсменного дежурства

требуется обеспечение жизнедеятельности минимум четырех человек. Использование варианта ВМСС в подземном взрывобезопасном исполнении значительно повышает эффективность способа тушения.

Результаты проведенных промышленных экспериментов:

1. Несмотря на значительный объем горных выработок и выработанного пространства аварийного участка ($\geq 3\,000\,000\text{ м}^3$) в зоне действующего пожара № 63экз шахты «Распадская» ОАО «Распадская» и значительные притечки воздуха на аварийный участок, составляющие 1200-1500 м³/мин, очевидный эффект тушения пожара начал наблюдаться через одни сутки, первоначальные признаки через 90 мин. Общее непрерывное время воздействия ТАС на пожар составило шесть суток. Эффекты от воздействия технологии ВМСС наблюдались на аварийном участке в течении не менее шести месяцев.

В сравнении с ранее применяемыми технологиями тушения и локализации подземных пожаров (генерация инертных газов и парогазовых смесей, мембранная технология газоразделения и получения инертной пены, использования хладонов, применение способа рециркуляции пожарных газов, а также способ изоляции и комбинированного тушения) способ и технология ВМСС показал свою наилучшую эффективность, а именно обеспечение воздействия на весьма большие объемы (на основании проведенного промышленного эксперимента $\geq 3\,000\,000\text{ м}^3$) горных выработок и труднодоступных зон в виде выработанных пространств, обрушенных и погашенных горных выработок, что недоступно известным технологиям. Таким образом, способ и технология ВМСС при проведении научно-промышленного эксперимента показала свою высокую эффективность и работоспособность.

2. При проведении натурного эксперимента опробования технологии использования воды в метастабильном состоянии для связывания и инертизации отложений угольной пыли в горных выработках, при обработке тонкодисперсной угольной пыли ТАС в горных выработках шахты «Распадская» ОАО «Распадская» коэффициент влагонасыщения угольной пыли достигал 30-35% в первые 20-40 минут эксперимента, угольная пыль при этом становилась взрывобезопасной, прирост воды достигал 70 г на 180 г угольной массы. По сравнению с известными химическими реагентами (различные пенообразователи и смачиватели) применяемый способ оказался на порядок эффективнее и безопаснее в экологическом и практическом аспектах.

3. Также при проведении промышленного эксперимента на шахте «Распадская» ОАО «Распадская» дополнительно установлено, что при взаимодействии ТАС с пожарными газами происходит активный процесс абсорбции окиси углерода, метана в коагулированном состоянии в конденсированный продукт, и адсорбция продуктов горения (дыма и аэрозолей).

4. Дополнительно способ и технология ВМСС может быть применен для дистанционной подачи различных реагентов пенообразователя, смачивателя, фреона и др., а также для ликвидации (разрушения) ледяных покровов при обмерзании устьев стволов в зимний период без фазы плавления, (монолит ледяного покрова осыпается в виде небольших чешуек, за счет фазового перехода второго рода водяного льда). Данная положительная особенность может быть решена за счёт расширения диапазона приданных свойств ВМСС в ТАС до пяти-семи режимов работы.

5. ВМСС является многофункциональным высокоэффективным средством профилактики безопасного ведения горных работ, локализации и тушения рудничных пожаров, создания взрывобезопасной среды без её инертизации (работники шахт и рудников при угрозе взрыва газо-пылевоздушной среды могут эвакуироваться и быть эвакуированы без применения СИЗОД и в лучших микроклиматических и обзорных условиях).

Список источников

1. Дубовик В.М., Дубовик Е.Н., Кривицкий В.А. Обзор современного состояния экспериментальных исследований странного излучения: Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. Т.1. вып.1-2012 специальный выпуск Система Планета Земля.

2. Черных А.В., Бордунов С.В., Балин Д.Н. Использование магнито-ядерного резонанса с целью управления свойствами различных веществ и комплексных продуктов: Сборник материалов научно-практической конференции – М. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2023. – 148 с.
3. Роечко В.В. Теоретические основы получения и подачи водных сред в метастабильном фазовом состоянии для предупреждения и тушения пожаров [текст]: Отчёт о НИР/ В.В. Роечко, С.П. Храпцов, Т.Г. Меркушина, Е.Н. Денисов и др. – № госрегистрации И222050400050-4 в 2 частях Ч.2 – М: Академия государственной противопожарной службы МЧС России. – 2021. – 36 с.

Владимир Анатольевич Сулименко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия, (Sulimenko39@yandex.ru, SPIN 8305-1665, ID: 445282)

Татьяна Геннадьевна Грушева

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия, (grusheva.agps@yandex.ru, SPIN 3589-5839, ID: 760530)

Олег Денисович Чудаков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия, (ONIRII@yandex.ru)

Военные последствия пожаров нефти

Аннотация. Увеличение потребление мировых запасов нефти требует обеспечения пожарной и экологической безопасности на всех этапах добычи, транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов. Анализ чрезвычайных ситуаций, связанных с горением нефти и нефтепродуктов, показывает, что они приводят не только к значительным материальным потерям, но и существенно загрязняют окружающую среду, негативно влияют на живую материю, изменяя экологические системы, как на локальном, так и на региональных уровнях. Проведена оценка развития ситуации в Персидском заливе, пожаров на объектах транспортировки, хранения, переработки нефти и нефтепродуктов, возможные экологические последствия для региона и всей Планеты в результате военного конфликта. Рассмотрен процесс горения нефти с позиции образования продуктов полного и неполного сгорания. Проведена оценка влияния продуктов горения на организм человека, в том числе отдаленного характера. Изучены методики оценки экологического ущерба пожаров нефтепродуктов, эмиссии вредных и токсичных веществ в окружающей среде. Предложены мероприятия по минимизации последствий горения нефти, обеспечения безопасности территорий и населения.

Ключевые слова: горение, нефть, экологические последствия, окружающая среда, пожар.

Vladimir A. Sulimenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Tatyana G. Grusheva

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Oleg D. Chudakov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Military consequences of oil fires

Abstract. The increasing consumption of global oil reserves requires ensuring fire and environmental safety at all stages of oil and petroleum product extraction, transportation, and storage. An analysis of oil and petroleum product-related emergencies reveals that they not only cause significant material losses but also significantly pollute the environment, negatively affecting living matter and altering ecological systems at both local and regional levels. The assessment of the situation in the Persian Gulf and the fires at oil and petroleum product transportation, storage, and processing facilities, as well as the possible environmental consequences for the region and the entire planet as a result of the military conflict, has been conducted. This article examines the process of oil combustion from the perspective of the formation of complete and incomplete combustion products. The impact of combustion products on the human body, including long-term effects, has been assessed. Methods for assessing the environmental damage caused by oil fires and the emission of

harmful and toxic substances into the environment have been studied. Measures have been proposed to minimize the consequences of oil combustion and ensure the safety of territories and the population.

Keywords: combustion, oil, environmental consequences, environment, fire.

Жизнь современного общества невозможно представить без использования нефти и нефтепродуктов. Исключительное значение нефти и нефтепродуктов определяет масштабы её добычи и переработки.

Человечество пытается найти альтернативные источники энергии для своего существования, но в ближайшие годы замену углеводородов найти практически невозможно. Следует обратить внимание, что планета копила энергию миллиарды лет в виде углеводородного сырья, а расточительность современности приводит к катастрофическому их исчезновению.

Спрос на нефть на протяжении последних десятилетий находится на достаточно высоком уровне. ОПЕК сохраняет оптимизм в отношении долгосрочного спроса, прогноз роста мирового потребления нефти примерно на +1,3 млн барр./сут в 2025 и 2026 годах (до уровня свыше 105 млн барр./сут в 2025 году) [1].

Объекты добычи, хранения и транспортировка нефти, предприятия по ее переработки, использование нефти в смежных отраслях промышленности, химической и других отраслях представляют реальную опасность для окружающей среды на всех этапах технологического процесса. Нефть используется в качестве сырья для органического синтеза, производства топлива, масел и т.д. Вместе с тем, даже в промышленно развитых странах на нужды нефтехимии используется только 7-8 % добываемой нефти и газа. Основная часть нефти идет на производство бензина, дизельного и других видов топлива. Все компоненты нефти горючи, являются потенциально опасными веществами.

Пожары на объектах нефтехимической промышленности во всем мире происходят достаточно часто. В принципе, горение нефти и нефтепродуктов не происходит в идеальных условиях, поэтому, априори, использование нефти и нефтепродуктов в качестве топлива всегда опасно для окружающей среды, всего живого мира. Крупные аварии и пожары нефти в прошлом показывают хрупкость природной среды при попадании в нее вредных и токсичных продуктов горения, повышение температуры, воздействия других опасных факторов пожара. История помнит негативный опыт воздействия горения нефти на окружающую среду, при этом страдали не только локальные экологические системы, но и целые регионы, а можем быть и вся планета.

«Ад в пустыне» назвали пожарные события января-февраля 1991 года, когда в результате военного конфликта произошла крупнейшая экологическая катастрофа XX века. Ущерб был нанесен от 800 до 1000 скважин Кувейта, из которых 727 горели, а оставшиеся фонтанировали. В тушении пожаров принимало участие свыше десяти тысяч человек из 28 стран, лишь через 258 дней им удалось потушить последний пожар. По предварительным оценкам в море было вылиты 816 тысяч тонн нефти. Общая площадь пятна составляла около 11 тыс. кв. км. Толщина нефтяной пленки в некоторых местах достигала 12,7 см. [2].

В Саудовской Аравии около 700 км береговой линии было загрязнено нефтью. Пострадали также прибрежные территории Кувейта, Ирана, Бахрейна и Катара. Разлив нефти нанес огромный ущерб живым организмам в море и на суше. Вымерли 50–90% крабов, других ракообразных и моллюсков, умерли более 15 тыс. птиц. Пострадали дельфины, дюгоны, морские выдры, морские змеи, креветки. Сильно отразилась катастрофа и на прибрежной растительности.

На долю кувейтских нефтяных пожаров приходится около половины всех пожаров в истории нефтяной промышленности.

В пожарах на месторождениях сгорело от 500 млн до 2 млрд баррелей (68–272 млн тонн) нефти. Во время самых сильных пожаров ежедневно сгорало примерно 44 млн баррелей

(6 млн тонн) нефти. Для сравнения: по данным Росстата, в октябре 2020 года нефтедобыча в России была на уровне чуть ниже 10 млн баррелей в день.

Из-за горящих нефтескважин в Кувейте наступила "ядерная зима". Большая часть солнечных лучей не доходила до поверхности земли. Произошло несколько авиакатастроф. Погибло более 80% домашнего скота.

Пожаров такого масштаба на нефтяных месторождениях в истории еще не было. Операция по их тушению также пока не имеет аналогов.

Из-за разливов нефти оказались загрязненными 95% прибрежных соленых маршей (водно-болотных угодий, периодически заполняемых водой). В мангровых лесах от нефти пострадало около половины деревьев, 30% деревьев умерло.

Ущерб для мира был нанесен в глобальном масштабе. По мнению экспертов, состав существующих загрязнений превышает пределы, при которых могут протекать процессы самоочищения природной среды. Таким образом, экологические последствия привели к дополнительному накоплению загрязнителей и носят глобальный характер.

28 февраля 2026 года военные силы Соединенных Штатов Америки и Израиля атаковали территорию и ключевые объекты Республики Иран без санкции ООН. Развязан региональный конфликт, который может перейти в более масштабный. Пример приведен выше, а экологические последствия могут быть масштабнее и затронуть всю планету. Поражены объекты добычи, транспортировки и хранения нефти. Заблокированы военного угрозы все логистические пути транспортировки нефти и нефтепродуктов в этом регионе. Учитывая, что регион в котором происходит военный конфликт, является основным поставщиком на рынок углеводородов, то это может привести к глобальному экономическому кризису и экологической катастрофе [11].

Атаки на танкеры в Ормузском проливе поставили под угрозу не только глобальные поставки энергоносителей, но и уникальную экосистему Персидского залива. Разлив сырой нефти с судна «Skylight» грозит обернуться катастрофой для курортной зоны Объединенных Арабских Эмиратов, поражены еще несколько танкеров. Ситуация развивается по самому тревожному сценарию, и счет идет на дни, так как практически никаких мер по ликвидации чрезвычайной ситуации не проводится, потенциально угроза не только для Персидского залива.

Ключевую роль в распространении загрязнения играют погодные условия и океанические течения и объемы нефти. Много будет зависеть от фактического объема разлива и оперативности мер по сбору нефти в открытом море. При открытом военном конфликте это не возможно. Остается только ждать что еще произойдет и какие будут последствия.

Точный объем груза на атакованном танкере пока не разглашается, но, учитывая класс судна, речь может идти об объемах, способных создать катастрофу международного масштаба.

Конфликт разрастается, в том числе растет число пожаров на объектах нефтепереработки, 2 марта 2026 года был атакован нефтеперерабатывающий завод ARAMCO в Саудовской Аравии, 3 марта загорелись резервуары в Фуджейре, одном из эмиратов, входящих в состав ОАЭ. Работа порта полностью приостановлена. Это главный центр по хранению и заправке танкеров нефтью. По масштабу он третий в мире после Сингапура и Роттердама, ну а на Ближнем Востоке равных ему нет. Именно на Фуджейру завязан весь нефтяной арабский экспорт, идущий по морю. Пропускная способность – два миллиона баррелей в сутки.

Нефтебазу на побережье Оманского залива поразила атака иранского беспилотника. В результате работу своего терминала приостановило одно из крупнейших нефтехранилищ, Ворак, а также и нефтеперерабатывающий завод [11].

Вопрос пожарной безопасности всегда возникает при разливах нефти, но наибольшую угрозу представляет не огонь, а химическое отравление.

Опасность возгорания существует, но она характерна для первого этапа. Сырая нефть на воде образует слой легковоспламеняющихся паров. Если разлив произойдет в районе, где ведутся боевые действия или есть источники огня, пожар на водной поверхности возможен. Но главная опасность — токсичность, а не горючесть после выброса на пляж. Самое страшное — это долговременное отравление экосистемы. Даже если активная фаза ликвидации начнется немедленно, последствия будут ощущаться годами.

Наземные и водные экосистемы часто не могут адаптироваться к изменению физико-химических свойств среды обитания если там присутствуют нефть и токсичные нефтепродукты, но если их выжигают или возникает пожар, то этот процесс протекает значительно опаснее и сложнее.

При этих процессах под ударом уникальные коралловые рифы, мангровые заросли, места нереста рыбы. Это убивает морскую флору и фауну на долгие годы, уничтожая базу для дайвинга и рыболовства

Диффузионное горение сырой нефти, бензина, керосина, мазута и дизтоплива и др. углеводородов при пожарах и выжигании аварийных разливов наносят вред окружающей среде из-за образования и поступления дыма, содержащего токсичные продукты горения в атмосферный воздух, из-за загрязнения несгоревшими и образовавшимися токсичными компонентами горючих жидкостей почв и вод, нарушения их теплового и кислородного режима.

В первую очередь, процесс горения и загрязнения окружающей среды зависит от состава нефти. Основные химические элементы, из которых состоит нефть — углерод (83-87 %) и водород (11,5-13 %). Кроме того, в состав нефти входят азот, сера, кислород, металлы. Поскольку нефть горючая природная многокомпонентная жидкость, состоящая из смеси парафиновых, ароматических и нафтеновых углеводородов. В составе нефти обнаружено более 100 алифатических и 120 ароматических соединений, а также производные углеводородов — кислород, серо- и азотсодержащие вещества. В сырой нефти найдено 111 сернистых соединений, в их числе 24 сульфида, 27 тиолов, 24 циклических соединений, 8 тиюфенов и 3 тионафтена. В состав нефти входят металлорганические соединения, углеродистые частицы (карбены), неорганические соли. При горении нефти и нефтепродуктов эти соединения безусловно попадают в окружающую среду и оказывают влияние на живые организмы. Эти процессы оценить на современном этапе практически невозможно. Имеются разрозненные данные о влиянии того или иного химического вещества. При горении нефти в окружающую среду попадают не только компоненты нефти, но и вещества, которые образуются при высокотемпературном процессе горения [4].

При крупных нефтяных пожарах могут выпадать кислотные дожди за счет образования значительных объемов оксидов серы и азота.

В прогнозных и фактических оценках последствий горения нефтепродуктов необходимо учитывать возможные сценарии поведения вещества в окружающей среде (пожар, взрыв, распространение в природных средах первичных и вторичных загрязнителей) в зависимости от их взрывоопасных и токсичных, физико-химических, массы или объема выброса (сброса), от климатических, природных, метеорологических условий (например штилей, туманов, инверсий) в момент события и после него. Это проблема становится все более актуальной в связи с эксплуатацией и освоением нефтегазовых ресурсов с регионам с экстремальными условиями, например, в зоне континентальных шельфов или зане с низкими температурами окружающей среды [5].

Нефть и все нефтепродукты при горении образуют оксиды углерода, азота, серы, альдегиды, ПАУ, сажу и десятки других соединений, основные из которых приведены в табл.

Таблица – Состав продуктов горения нефти [6-8]

Загрязнитель (токсикант)	Концентрация, мг/м ³	
	Средняя на пожаре	ПДК _{сcci} (Россия)
Оксид углерода СО	1·10 ³	1,0

Диоксид азота NO ₂	1·10 ³	0,04
Оксиды серы (в пересчете на SO ₂)	8,5·10 ³	0,5
Метанол CH ₃ OH	0,7·10 ³	0,5
Уксусная кислота CH ₃ COOH	0,3·10 ³	0,06
Формальдегид HCHO	0,1·10 ³	0,003
Ацетальдегид CH ₃ CHCHO	0,3·10 ³	0,03
Бензол C ₆ H ₆	3,3·10 ³	0,1
Бенз(а)пирен (БаП) C ₂₀ H ₁₂	3-30·10 ⁻³	1·10 ⁻⁶
Диоксины (по 2,3,7,8-ТХДД)	9,0·10 ⁻³	1 нг/м ³
Сажа	3-5·10 ³	0,05

При горении высококипящих нефтяных углеводородов, имеющих большую плотность, будут образовываться более сложные соединения – конденсированные арены, включая полиароматические углеводороды (ПАУ), которые обладают сильным канцерогенным действием. ПАУ устойчивы к высоким температурам, могут присутствовать в продуктах горения в виде аэрозоля. Многие полициклические ароматические углеводороды являются сильными химическими канцерогенами. Такие соединения, как бенз(а)антрацен, бенз(а)пирен и овален, обладают ярко выраженными канцерогенными, мутагенными и тератогенными свойствами [9].

Продуктами гидроксилирования являются эпоксиды - чрезвычайно реакционноспособные вещества, обладающие сильными канцерогенными, окислительными и токсичными свойствами.

Эпоксиды - электрофилы, легко алкилируют нуклеофильные группы азотистых оснований ДНК, с образованием аддуктов, особенно это свойство ярко выражено у гуанина (из-за наличия в молекуле большего числа нуклеофильных групп). Образовавшиеся ДНК-аддукты очень прочны. Как следствие алкилирования ДНК, возникают проблемы в протекании процессов репликации и транскрипции, что приводит к мутациям.

Накопление таких мутаций приводит к ряду негативных проявлений: подавление антионкогенов и, как следствие, полное подавление запрограммированной клеточной смерти (апоптоза), увеличение экспрессии трансформированных белков и начало малигнизации (озлокачествления).

У высококипящих нефтяных фракций выше химический недожог, а на биохимическое разложение в естественных условиях расходуется больше кислорода. Тяжёлые нефтепродукты по сравнению с лёгкими более токсичны для экосистем суши и воды.

В воздухе более 40 % продуктов горения находятся относительно недолго: ксилолы – около 15 часов, диоксиды серы – 5 дней, пропан – 7 дней. Только 25 % продуктов горения (оксиды углерода, азота и др.) имеют продолжительное время жизни в атмосфере – месяцы.

В воде и почве нефтеуглеводороды и продукты их горения существуют дольше, чем в воздухе, т.к. фотоокислительное разложение и рассеивание протекает медленнее. Например, диоксины и дибензофураны могут находиться в почве несколько десятилетий и воздействовать на человека через пищевые цепочки. Потенциальный риск поражения составляет по диоксинам – $6,8 \cdot 10^{-3} \div 2,2 \cdot 10^{-4}$, что существенно превышает допустимые уровни [10].

За счёт высокой фитотоксичности легких углеводородов (бензина, др.), и в результате обволакивания почвенных частиц тяжёлыми нефтепродуктами, происходит уменьшение влагоёмкости, водопроницаемости и в целом снижение плодородия почвы.

Поскольку различия в скорости выгорания нефтепродуктов при изменении условий горения находятся в пределах всего одного порядка величины, то для приближённых расчётов можно пользоваться усреднёнными данными для оценки объёма и состава выбросов продуктов горения при пожарах и влиянии их на качество воздуха и в целом на экологическую обстановку.

Для предотвращения угроз экологической безопасности человека, разрушения среды обитания, для сохранения или восстановления биологического разнообразия и ландшафтов необходимо, в первую очередь, проводить оценку рисков на объектах нефтегазовой отрасли с учетом возможных нештатных ситуаций и негативного воздействия на окружающую среду.

Требуется организация постоянного экологического мониторинга окружающей среды, в том числе при авариях и пожарах. При организации экологического мониторинга следует учесть возможные отдаленные последствия этих ситуаций.

В целях ликвидации последствий катастрофических аварий и пожаров нефти и нефтепродуктов требуется консолидация усилий на международном уровне, так как в случае загрязнения окружающей среды вредными и токсичными продуктами горения нефти национальных границ нет, необходима научно обоснованная стратегия обеспечения экологической безопасности во всем мире.

Также следует обратить внимание мирового сообщества на причины возникновения военных конфликтов, их предупреждения и предусмотреть меры по недопущению поражений объектов, предоставляющих потенциальную угрозу для всего человечества, в том числе экологического характера.

Список источников

1. ОПЕК. Мировой спрос на нефть в 2026 г. [Таблица] // БКС Экспресс : сайт. – URL: <https://cdn.bcs-express.ru/article-image/41919593-2e1a-4d82-8136-15045ac50d7e/2c7e5311451c48599aa002485625924d.png> (дата обращения: 21.07.2025).
2. Кувейт: Пустыня в огне от фотографа Себастьяно Сальгадо [Электронный ресурс] // Telegra.ph : [платформа для публикаций]. – 05.04.2017. – URL: <https://telegra.ph/Kuvejt-Pustynya-v-ogne-ot-fotografa-Sebastiano-Salgado-04-05> (дата обращения: 21.07.2025).
3. Крупнейшие нефтяные катастрофы в истории [Электронный ресурс] // Terra экология : [сайт]. – URL: <https://terra-ecology.ru/stati/krupnejshie-neftyanye-katastrofy-v-istorii/> (дата обращения: 21.07.2025).
4. Богомолов А.И., Гайле А.А., Громова В.В., Рудин М.Г. Химия нефти и газа. Л.: Химия. 1989. 424 с.
5. Исаева Л.К. Сулименко В.А. Экологические последствия пожаров и аварий на нефте- и газопроводах. Материалы II международной научно-практической конференции 20 марта 2013 год «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013.
6. Справочник нефтехимика под ред. С.К. Огородникова. Т.1. – Л.: Химия. 1978. – 496 с.
7. Терентьев Г.А. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов. – М.: Транспорт. 1976. – 136 с.;
8. Назаров Н.А. Прогнозная оценка распространения нефтепродуктов на урбанизированных участках речного бассейна. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.: ВИНТИ. Вып. 10. 1994. – С.10-27.
9. Исаева Л.К. Экологическая безопасность природно-техногенной среды при пожарах и ЧС. Часть 2. Учебное пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, – 2018. – 392 с.
10. Исаева Л.К. Сулименко В.А. Экологическая безопасность объектов топливно-энергетического комплекса. Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2013. - № 4. – С.49-52.
11. Атака на нефтебазу в Оманском заливе [Электронный ресурс] // ИноСМИ.ру : сайт. – 4 марта 2026. – URL: <https://inosmi.ru/20260304/neft-77385548.html> (дата обращения: 04.03.2026).

УДК 614.83
ББК 24.543.222

Ирина Николаевна Герасимова

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России» Москва, Россия (SPIN 1642-3527, ID: 756853)

Татьяна Павловна Дialeктова

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России» Москва, Россия (SPIN 6013-2569, ID: 1181267)

Петр Владимирович Комраков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России» Москва, Россия (SPIN 7392-9950, ID: 96508033)

К вопросу об интенсивности газообмена, влияющей на режимы пожаров

Аннотация. В публикации анализированы числовые значения критерия газообмена, указывающие на режим внутреннего пожара. Рассмотрен физический смысл интенсивности газообмена в пересчете на площадь поверхности горения твердых горючих материалов. Оценено практическое использование данного критерия для прогнозирования обстановки на пожаре. Указаны причины его появления, а также его значение в области пожаротушения и техники безопасности.

Ключевые слова: внутренний пожар, режимы пожаров, газообмен на пожаре, интенсивность газообмена, расход воздуха, критерий режима пожара.

Irina N. Gerasimova

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Petr V. Komrakov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Tatyana P. Dialektova

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

On the intensity of gas exchange and its impact on fire regimes

Abstract. The publication analyzes the numerical values of the gas exchange criterion, which indicate the mode of internal fire. The physical meaning of the gas exchange intensity in terms of the burning surface area of solid combustible materials is considered. The practical use of this criterion for predicting the fire situation is evaluated. The reasons for its occurrence and its significance in the field of firefighting and safety are indicated.

Keywords: internal fire, fire modes, gas exchange in case of fire, intensity of gas exchange, air consumption, fire mode criteria.

Компетентность специалистов пожарной безопасности как в области пожаротушения, профилактики, экспертизы пожаров, так и в области прогнозирования и моделирования развития пожаров во многом определяются сформированным навыком владения математическим аппаратом, позволяющим рассчитать основные параметры пожара и правильно определить режимы горения и режимы пожара

В современном мире превалирует количество внутренних пожаров над открытыми. Они наносят наибольший социальный и экономический ущерб соизмеримый по количеству погибших людей с людскими потерями во время военных конфликтов.

Предсказать, а тем более просчитать поведения пожара (линейную скорость его распространения, температуру, массовую скорость выгорания, теплоту и другие параметры) внутри помещения гораздо сложнее, чем просчитать те же самые параметры на открытых

пожарах. Даже обширные ландшафтные пожары суммарно уносят количество человеческих жизней меньше, чем внутренние пожары. Неудивительно, что лучшие специалисты пожарной безопасности стремятся научиться прогнозировать и рассчитывать параметры и опасные факторы внутренних пожаров. Такие работы ведутся в различных странах мира, задействованы большие человеческие и компьютерные (цифровые) ресурсы. Создано большое количество математических моделей для определения режимов и параметров пожара: это интегральная, зонная и полевая модели. При решении прикладных задач эти модели себя очень оправдали, но многие из них являются сложными для использования большинства рядовых пожарных. К тому же большинство потенциально опасных объектов (в котором может возникнуть пожар) далеко не всегда исследуется компьютерным математическим инструментарием.

Понимание важности этой проблемы сформировалось еще в XX веке. Поэтому в разных странах разрабатывались простые критерии для определения режима внутренних пожаров, которые по уровню доступности освоения был бы доступен даже «школьнику», в то же время мог использоваться любым специалистом в области пожарной безопасности. Такие критерии разрабатывались в Великобритании, Японии, России, США и других Европейских странах. В частности, в России алгоритм расчета режима пожара представлен в работах сотрудников ВНИИПО МВД России в 90-ых годах прошлого столетия, которые вошли в ГОСТ Р 12.3.047-98 [1], в Великобритании алгоритм расчета режима пожаров изложены в работах [2 - 4]. При этом наибольшую популярность в России обрела формула расчета режима пожаров, разработанная британскими учеными.

Данная формула подразумевает, что режим внутреннего пожара, можно рассчитать с помощью критерия, который по своему физическому смыслу эквивалентен интенсивности газообмена. В Российской научной школе под интенсивностью газообмена подразумевают то количество воздуха, которое проникает в помещение через открытые проемы для поддержания горения единицы площади пожара в единицу времени (I_v). Британские ученые сделали ставку в своих расчетах не на площадь пожара, а на площадь поверхности горения. И такую интенсивность они назвали «Критерием Φ ». Под аббревиатурой « Φ » подразумевалась заглавная греческая буква Φ (фи).

Для расчета данного параметра использовали формулу:

$$\Phi = \frac{\rho_v \sqrt{g S_{пр} \sqrt{H_{пр}}}}{S_{пг}}$$

где:

ρ_v – плотность воздуха, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

$S_{пр}$ – площадь оконного или дверного проема, м;

$H_{пр}$ – высота проема, м; $S_{пг}$ – площадь поверхности горения, м².

В работе [2] указано, что если $\Phi \geq 0,29$ – то это пожар, регулируемый нагрузкой (рисунок 1). «Пожар, регулируемый нагрузкой» (ПРН), подразумевает, что расход воздуха, поступающий в помещение, обеспечивает: полное сгорание горючего материала, образуются продукты полного окисления, массовая скорость выгорания максимальная, а коэффициент избытка воздуха (α) больше 1 (рисунок 3). Если $\Phi \leq 0,235$ – то это пожар, регулируемый вентиляцией (рисунок 2). «Пожар, регулируемый вентиляцией» (ПРВ), подразумевает, что расход воздуха, поступающий в помещение, не обеспечивает полноценное окисление, и массовая скорость выгорания ниже, чем в ПРН, а коэффициент избытка воздуха меньше 1 (рисунок 3). Такой режим пожара опасен тем, что образуется угарный газ и другие продукты неполного сгорания, также внутри помещения скапливаются пиролизные газы, способные создать объемную вспышку. Если Φ попадает в диапазон $0,235 \div 0,29$, то это критический режим пожара, он же комбинированный, он же переходный режим. Критический режим пожара опасен всеми перечисленными явлениями. При этом в работе [2] единицы измерения или размерность «Критерия Φ » не указаны. Это приводит к заблуждению, что Φ – это

коэффициент. Но «Критерий Φ » имеет размерность: $[\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})]$, и это значит, что этот критерий является параметром, а не коэффициентом. И эта размерность нам показывает, что, указанный в работе [2], параметр Φ , является количеством воздуха, проникшего в помещение через приточную часть проема, и израсходованный на горение площади поверхности горения в единицу времени.

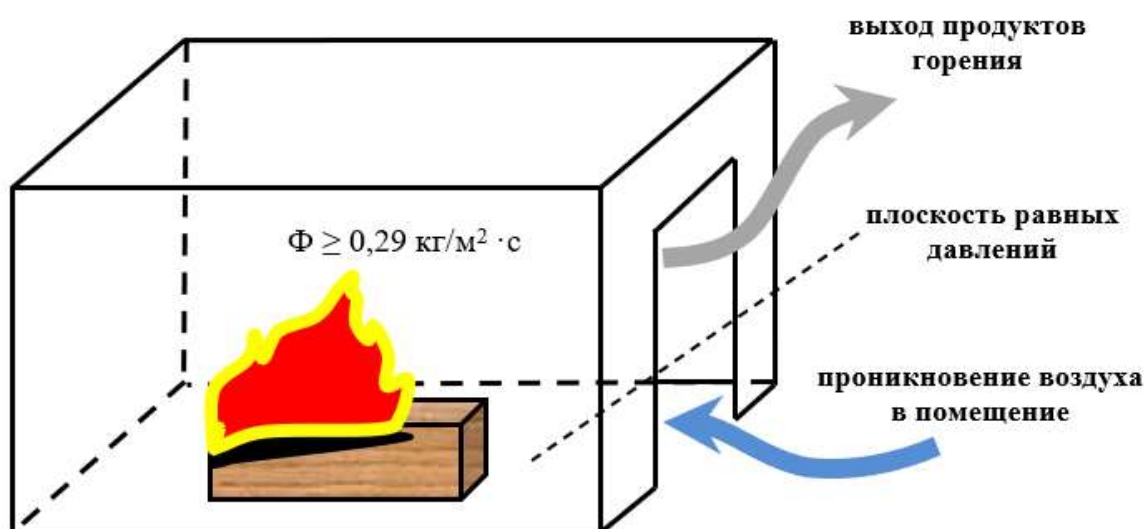


Рисунок 1 – Схема развития пожара в режиме «Пожар регулируется нагрузкой»

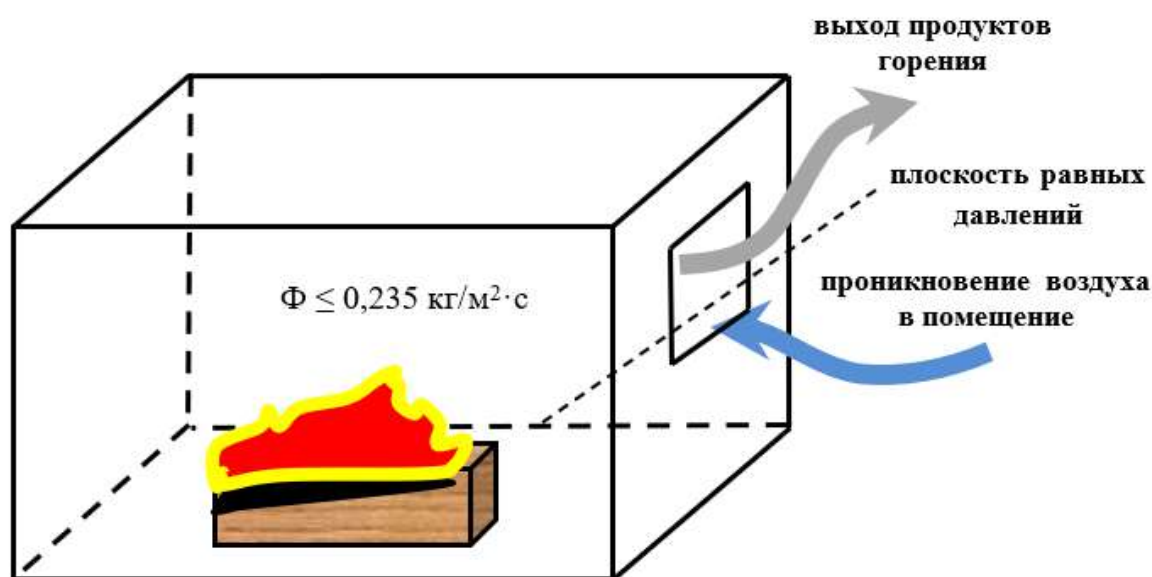


Рисунок 2 – Схема развития пожара в режиме «Пожар регулируется вентиляцией»

На графической зависимости (рисунок 3) показана связь между параметром Φ и коэффициентом избытка воздуха (α), для трех режимов пожара. Максимальная среднеобъемная температура в помещении наибольшая при $\alpha = 1$. Так как в критическом режиме происходит полное окисление, а тепло аккумулируется внутри помещения и не тратится на избыток воздуха.

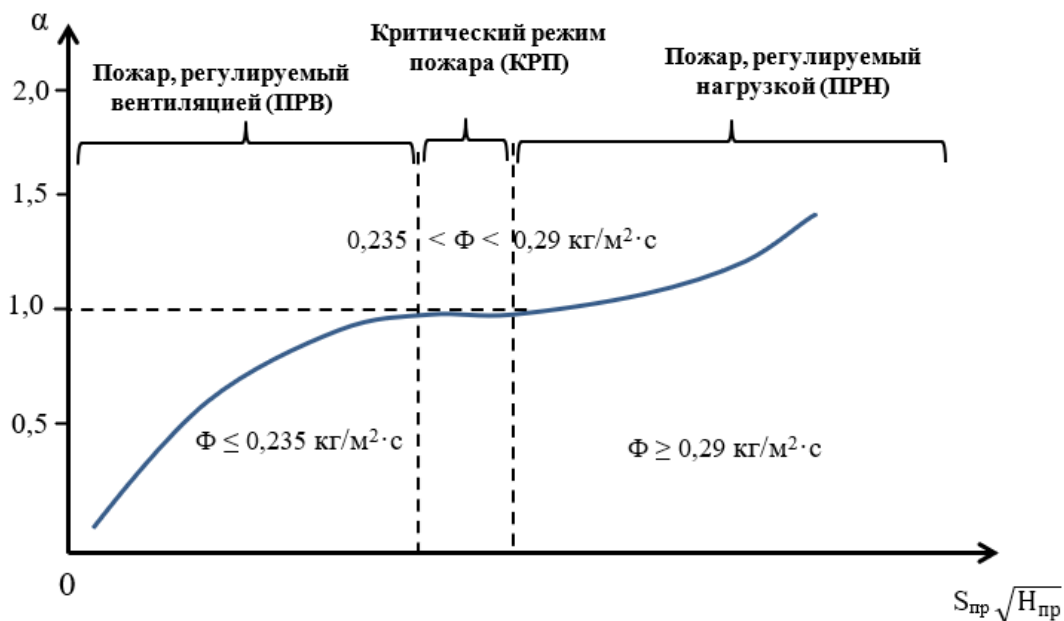


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента избытка воздуха на пожаре (α) от геометрических параметров оконных и дверных проемов ($S_{пр} \sqrt{H_{пр}}$)

При всей стройности «Критерия Φ », возникают вопросы, которые связаны с параметром Φ . А именно: как были вычислены значения Φ , которые равные 0,235 и 0,29 $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. В источниках [2 - 4] сказано, что эти числовые значения справедливы для пожарной нагрузки древесного происхождения. А для других горючих материалов, таких как пластик, резина, полиэтилен, целлофан и других полимерных материалов, этот параметр имеет совершенно другие значения. Возникает вопрос: «Где эти значения можно найти?». Авторам этой статьи значения этого параметра Φ для других материалов найти не удалось.

В связи с этим, был сделан акцент на то, что численные значения коэффициента избытка воздуха зависят от отношения фактической интенсивности газообмена к теоретической интенсивности. В критическом режиме это отношение равно 1 (рис. 3). Так как массовая скорость выгорания у древесины разных пород и целлюлозных материалов имеет различное значение, то и значение параметра Φ имеет диапазон от 0,235 до 0,29 $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. У разных горючих жидкостей и полимерных материалов массовая скорость выгорания в режиме ПРН и критическом режиме имеет приблизительно одинаковые значения. Так как эта массовая скорость выгорания меняется только в ПРВ, то граница между пожаром, регулируемым вентиляцией, и пожаром, регулируемым нагрузкой, четкая, - без какого либо диапазона как, например, для древесины. А учитывая эту особенность, можно предположить, что значение параметра Φ в критическом режиме для горючих жидкостей и полимерных материалов (таких как резина, полиэтилен, целлофан и др.) возможно получить по формуле расчета фактической ($I_{ф}$) или теоретической интенсивности (I_0) газообмена. Тем более теоретическая и фактическая интенсивности газообмена при $\alpha = 1$ равны. А учитывая, что коэффициент поверхности горючих жидкостей равен 1, то расчет значительно упрощается.

Теоретическая интенсивность газообмена рассчитывается по формуле:

$$I_0 = V_m^{уд} V_B^0 \rho_B$$

где:

$V_m^{уд}$ – удельная массовая скорость выгорания, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

V_B^0 – теоретический объем воздуха, $\text{м}^3/\text{кг}$; ρ_B – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Воспользовавшись справочными табличными данными [5 - 6], удалось рассчитать теоретическую интенсивность газообмена (она же фактическая) для этилового спирта. Ее значение составило: 0,25 $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Значение для критического параметра Φ при пожаре этилового спирта полностью совпало со значением критического параметра Φ при горении древесины. Подобные расчеты, можно провести для любой горючей жидкости, и полученные параметры Φ по своему значению будут близки. Догадка оказалась верной. Но с твердыми горючими материалами, которые имеют коэффициент поверхности больше 1, такие расчеты себя не оправдали. Что требует дальнейшего изучения алгоритма расчета параметра Φ для твердых горючих материалов.

Список источников

1. ГОСТ Р 12.3.047-98 "ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
2. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров / Перевод с английского К.Г. Бромштейна; под редакцией Ю.А. Кошмарова, В.Е. Макарова.-М.: Стройиздат, 1990.
3. Harmathy, T.Z. Mechanism of burning of fully-developed compartment fires. Combustion and Flame, 1978, 31, 265 – 273.
4. Harmathy, T.Z. Design to cope with fully developed compartment fires, Design of Building for Fire Safety, 1979, American Society for Testing and Materials, STP 685, 198 – 276.
5. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. 2 том, Москва, Ассоциация «Пожнаука», 2000г.
6. Примеры и задачи по курсу «Физико – химические основы развития и тушения пожара». Для курса специалитета / Бабурин А.В., Герасимова И.Н., Комраков П.В., Сулименко В.А. / Академия ГПС МЧС РФ, М. 2021 г.

УДК 677.494.675
ББК 24.72

Ольга Владимировна Рева

ГУО Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь, Минск
(volha107@rambler.ru, SPIN 9028-4876, ID: 0000-0003-4006-8678)

Денис Викторович Криваль

ГУО Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь, Минск
(den.kryval@mail.ru, SPIN 5548-5105, ID: 0009-0006-2389-9276)

Термические характеристики ступенчато огнезащищенных оксодиазольных тканей с поверхностными светоотражающими металлсодержащими слоями для защитной одежды

Аннотация. Исследованы суммарная огнестойкость и термические превращения композитных изделий на основе оксодиазольной ткани, пропитанной неорганическим замедлителем горения с различными пленкообразователями, с последующим нанесением металлсодержащих паст, модифицированных аммонийно-полифосфатными и триазиновыми замедлителями горения. Установлено, что снижение тепловыделения в 5,5-6 раз для композиционного изделия обеспечивается только для двух пленкообразователей (жидкого стекла и сополимера тетрафторэтилена с фтористым винилиденом) в пропиточной композиции.

Ключевые слова: металлсодержащие покрытия, силиконовые и полиорганосилоксановые смолы, аммонийные металлофосфаты, закрепляющие пленкообразователи.

Olga V. Reva

University of Civil Protection Ministry of Emergency Situations Republic of Belarus, Minsk

Denis V. Kryval

University of Civil Protection Ministry of Emergency Situations Republic of Belarus, Minsk

Thermal characteristics of stepwise flame-retardant oxodiazole fabrics with surface reflective metal-containing layers for protective clothing

Abstract. Complete flame retardancy and heat conversion of composite products based on oxodiazosol fabrics, impregnated with an inorganic flame retardant by various film-forming agents, followed by the application of metal pastes modified with ammonium polyphosphate and triazine flame retardants. It was established that a reduction in heat generation by 5.5-6 times for a composite product is ensured only for two film-forming agents (liquid glass and a copolymer of tetrafluoroethylene with vinylidene fluoride) in the impregnating composition.

Keywords: metal-containing coatings, silicone and polyorganosiloxane resins, ammonium metal phosphates, fixing film formers.

При разработке новых материалов для защитной одежды пожарных-спасателей одной из важных задач является создание тепло-светоотражающих и одновременно огнестойких текстильных композитов с гибким поверхностным металлизированным или металлсодержащим слоем. Получение пластичных огнестойких свето- и теплоотражающих покрытий на тканевой основе на текущий момент осуществляется разными методами: вакуумного и электрического напыления металлов на пленочные или текстильные основы, горячим прессованием фольги, приклеиванием металлизированных легкоплавких пленок, ракельным нанесением взвеси металлической пудры в полимерном связующем (на основе каучуков, поливинилацетата, фторопластов и других пластичных полимеров) с последующим

отверждением, вулканизацией, приплавлением; или сочетанием нескольких методов [1-8]. Например, в работе [3] предложен многослойный материал, где наружный слой выполнен из композиции на основе сополимера винилиденфторида и хлортрифторэтилена с олигоэфироакрилатом в качестве сшивающего агента, содержащей углерод и диоксид титана; на поверхности наружного слоя дополнительно нанесено металлическое покрытие толщиной слоя 30-250 нм. Нанесение на ткани вязких металлсодержащих полимерных паст – технически наиболее удобный способ создания теплоотражающих слоев, который не требует вакуумирования и сложного оборудования, производится в одну стадию. Однако до настоящего времени нерешенной проблемой является как подбор полимерного связующего, так и конечные функциональные свойства композитного изделия, в частности его суммарная огнестойкость, пластичность и износостойкость. Очень часто нанесение даже на трудногорючие материалы полимерной пленки, в особенности с включением мелкодисперсных металлических частиц, приводит к резкому падению суммарной огнестойкости системы, поскольку металлы в виде тонких пленок и порошков пирофорны. Решение данной проблемы возможно использованием термостойких полимерных смол, например силиконовых или карбосилоксановых, или дополнительным введением в полимерную металлсодержащую композицию замедлителей горения. Однако ранее нами было установлено [9, 10], что этого недостаточно для обеспечения высокой огнестойкости светоотражающего композита на оксодиазольной основе, и требуется предварительная пропитка ткани растворами антипиренов. Кроме того, прочность закрепления антипирена на ткани можно повысить дополнительным введением обработки раствором пленкообразователя (одновременно с пропиткой замедлителем горения или после); что в комплексе с нанесением светоотражающего полимерного слоя практически не изучено.

Основная часть. В данной работе нами были изучены огнестойкость и закономерности термодеструкции композитных изделий на основе оксодиазольной ткани, подвергнутой огнезащитной пропитке в различных вариантах, с последующим нанесением металлсодержащих светоотражающих слоев на основе термостойких силиконовых смол, модифицированных замедлителями горения. Для пропитки текстильных материалов использовали раствор неорганических нетоксичных замедлителей горения – аммонийных фосфатов двух и трехвалентных металлов высокой степени дисперсности, которые синтезировали из их оксидов золь-гель методом для предотвращения включения в состав продуктов дополнительных анионов. Оптимальный состав коллоид-содержащего пропиточного замедлителя горения, синтезированный из связок с соединениями Mg и Ca, нейтрализованный смесью растворов аммиака, гидроксида калия и карбоната натрия в массовом соотношении 1:1:1, обозначаемый далее «ОС-Ca, Mg» подробно описан в наших работах [11,12]. При исследовании совместимости пленкообразующих агентов с обработкой ткани неорганическим замедлителем горения были изучены следующие композиции: стирол-бутадиеновый SBR Latex, полиэфир-полиуретановая дисперсия Impranil DLP-R, полиэфир-полиуретановая дисперсия Alberdink U 400 N, полиэфир-полиуретановая дисперсия Permutex RU 43 019, Osacryl OSA H, фторопласт Ф-42, Silres BS 45, жидкое стекло. Однако совместимы с пропиткой неорганическим антипиреном оказались только три композиции: жидкое стекло – водный раствор силикатов натрия $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$, Фторопласт Ф-42 – сополимер тетрафторэтилена и фтористого винилидена и Silres BS 45 – водоразбавляемая эмульсия силиконовой смолы.

Перед ступенчатой огнезащитной обработкой оксодиазольный текстильный материал «Арселон черный» был постиран в растворе моющего средства (5 г/л) с добавлением 10 % соды при 70-90 °С в течение 60 мин. Далее образцы пропитывали неорганическим замедлителем горения с последующей обработкой пленкообразующими составами различной химической природы. Исследуемые серии образцов огнезащищенной оксодиазольной ткани были подготовлены по следующим схемам:

1) Арселон обработан составом ОС-Са, Mg с концентрацией раствора 10 % при комнатной температуре в течение 30 мин. Сушка 100-140 °С 15 мин., термофиксация 200 °С, 2 мин.

2) Арселон обработан составом ОС-Са, Mg, термофиксирован, затем пропитан 2 % раствором Фторопласта Ф-42 в ацетоне и высушен при 100 °С.

3) Арселон обработан составом ОС-Са, Mg, термофиксирован, затем пропитан 2 % раствором Silres BS 45, высушен при 100 °С.

4) Арселон обработан 5 % раствором жидкого стекла, высушен при 100 °С, затем пропитан составом ОС- Са, Mg и термофиксирован при 150 °С, 2 минуты.

На подготовленные способами 1-4 образцы оксодиазольной ткани механическим распылением наносили металлсодержащие свето- и теплоотражающие слои термостойкой силиконовой алюмо- (а) или латунь (б) содержащей смолы, допированной алюминиевой пудрой в количестве 10 масс. % и азотсодержащими замедлителями горения: аммонийно-полифосфатным неорганическим антипиреном и триазином в количестве 5-8 масс. %.

Для выяснения уровня огнестойкости образцов оксодиазольных тканей, пропитанных антипиреном и пленкообразователями, с финишным свето-теплоотражающим слоем, были проведены их огневые испытания по СТБ 11.03.02-2011¹, который очень близок к требованиям стандарта РФ ГОСТ Р 53264-2019², результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты огневых испытаний образцов оксодиазольной ткани, пропитанной ОС-Са, Mg с пленкообразователями и финишным металлсодержащим полимерным слоем

№ серии предварительной пропиточной обработки	Металлсодержащая смола, нанесенная поверх пропитки	Время остаточного горения, с		
		Поджигание 4 с		3-е Поджигание 15 с
		1 поджигание	2 поджигание	
1а	Силиконовая алюмосодержащая	0	0	0
1б	Силиконовая латунь-содержащая	0	0	0
2а	Силиконовая алюмосодержащий	0	0	0
2б	Силиконовая латунь-содержащая	0	0	0
3а	Силиконовая алюмосодержащая	12	3	1
3б	Силиконовая латунь-содержащая	3	0	0
4а	Силиконовая алюмосодержащая	0,5	0	0
4б	Силиконовая латунь-содержащая	0	0	0

Результаты огневых испытаний показали, Табл. 1, что хотя все образцы обладали высокой огнестойкостью после стадии пропитки оксодиазольной ткани, после нанесения полимерного металлсодержащего слоя стойкость к горению сохраняется не во всех случаях.

В сочетании с алюминий и латунь-содержащими термостойкими силиконовыми смолами наилучшей огнестойкостью характеризуются оксодиазольные ткани, обработанные

¹ СТБ 1972-2009 Одежда пожарных специальная защитная от повышенных тепловых воздействий. Общие технические условия

² ГОСТ Р 53264-2019. Техника пожарная. Одежда пожарного специальная защитная. Общие технические требования. Методы испытаний

составом ОС-Са, Mg (серия 1), как индивидуально, так и с обработкой во вторую стадию 2 % раствором фторопласта Ф-42 в ацетоне (серия 2), а также раствором жидкого стекла, затем составом ОС-Са, Mg (серия 4). Как следует из данных, представленных в таблице 1, вариант с обработкой во вторую стадию дисперсией Silres BS 45 (серия 3), предварительно представлявшийся наилучшим вариантом, в сочетании с металлсодержащими полимерными композициями показал снижение огнезащитных свойств. Оптимальные по результатам испытаний сочетания состава ОС-Са, Mg для огнезащитной обработки оксодиазольной ткани и полимерных термостойких связующих (фторопласт Ф-42 и жидкое стекло), могут быть использованы для получения композитных изделий на текстильной основе для защитной спецодежды.

Для получения информации о термических свойствах модифицированных тканей было проведено дифференциально-калориметрическое исследование образцов огнезащищенного Арселона со светоотражающими слоями на приборе NETZSCH STA 449C. Данные термогравиметрического анализа композитных изделий приведены в таблице 2; дифференциально-термические кривые для тканей на разных стадиях обработки – на Рис. 1-3.

Таблица 2 – Термические свойства огнезащищенной оксодиазольной ткани с нанесением металлсодержащего полимерного слоя

№ серии	Обработка	1-й экзоэф-фект, °С	2-й экзоэф-фект, °С	3-й экзоэф-фект, °С	Тепловыделение общее, Дж/г	Остаток массы, %
	Исходный арселон	529,9	555,2	631,4	13489	5,01
1а	ОС-Са,Mg + Силиконовая алюмосодержащая	531	503,7	779,1	6378	37,58
2а	ОС-Са,Mg + Ф-42 + Силиконовая алюмосодержащая	534,1	501,0	746-781	7793	15,92
2б	ОС-Са,Mg + Ф-42 + Силиконовая латунь-содержащая	540	585	754	6266	25,28
3а	ОС-Са,Mg + Silres BS 45 + Силиконовая алюмосодержащая	532	588	645	8793	24,25
4а	Жидкое стекло + ОС-Са,Mg + Силиконовая алюмосодержащая	532	576	849,5	8924	14,08
4б	Жидкое стекло + ОС-Са,Mg + Силиконовая латунь-содержащая	533	585	726	6383	29,04

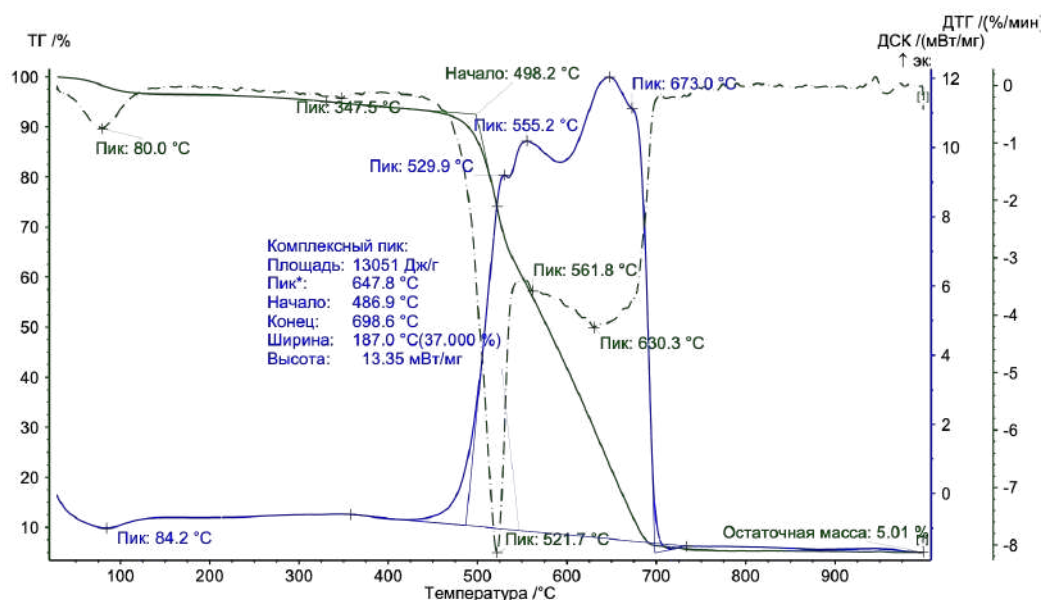


Рисунок 1 – Дифференциально-калориметрические кривые для исходной оксодиазольной ткани

Из полученных данных, Табл. 2, следует, что предварительная обработка замедлителями горения ткани приводит к следующим изменениям ее термических характеристик: снижению тепловыделения и увеличению содержания остаточной массы продуктов термоллиза. При этом характерно смещение третьего экзотермического эффекта (пламенное горение), Рис. 1-3, в сторону более высоких температур, что свидетельствует об увеличении устойчивости исследуемых образцов к горению. Судя по общему тепловыделению и остатку массы, лучшие показатели проявили композитные изделия, в которых пропиточная огнезащитная обработка антипиреном ОС-Са, Mg сочетается с пленкообразующими модификаторами Фторопласт Ф-42 и жидкое стекло. Полученные данные коррелируют с результатами огневых испытаний исследованных композитов на основе оксодиазольных тканей.

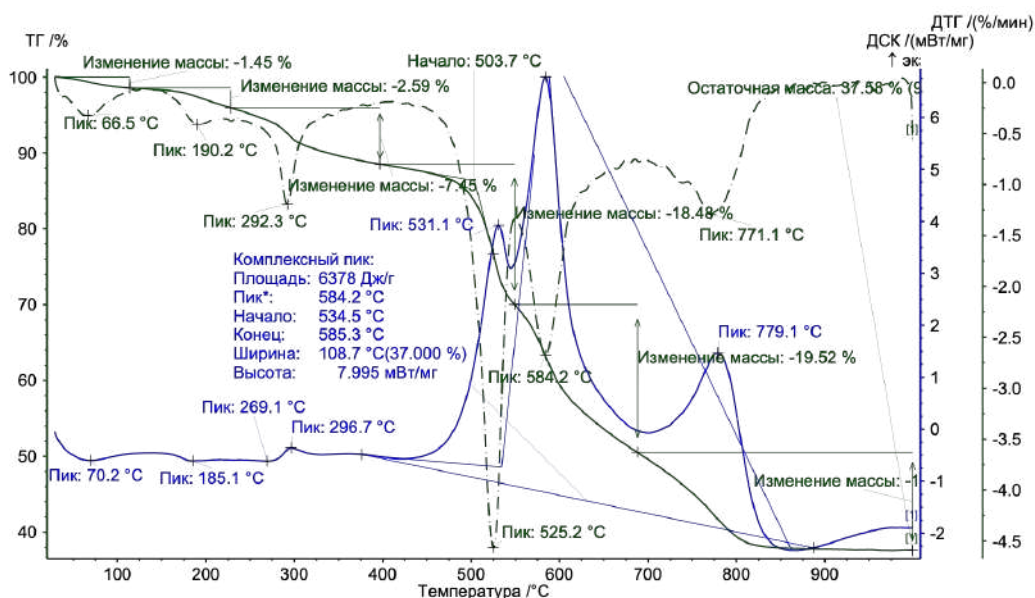


Рисунок 2 – Дифференциально-калориметрические кривые для оксодиазольной ткани с огнезащитной пропиткой и слоем силиконовой алюмосодержащей смолы

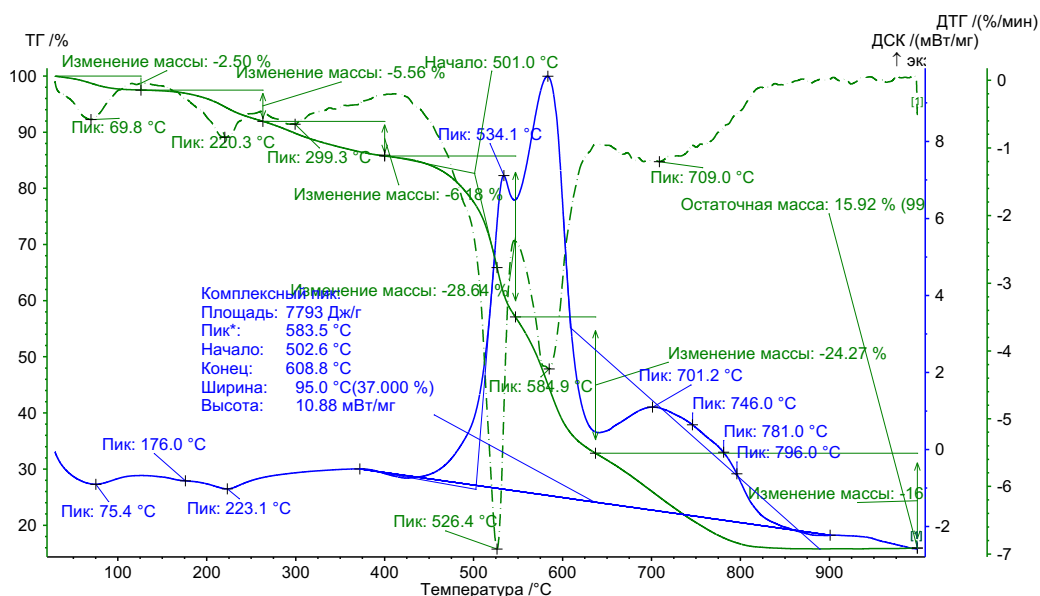


Рисунок 3 – Дифференциально-калориметрические кривые для оксодиазольной ткани с огнезащитной пропиткой, пленкообразователем Фторопласт ФБ-42 и слоем силиконовой алюмосодержащей смолы

Установлено, что суммарная огнестойкость полимерного композитного металлсодержащего свето-, теплоотражающего слоя на оксодиазольной основе, требуемая для защитной одежды, обеспечивается только при условии предварительной пропитки ткани раствором неорганического синтетического металлофосфатного антипирена, и несколько увеличивается при их закреплении жидким стеклом и сополимером тетрафторэтилена с фтористым винилиденом в качестве пленкообразователей. Тогда как только внесение аммонийно-полифосфатных и триазиновых замедлителей горения в силиконовые и силоксановые смолы, хотя и значительно повышает их термическую стабильность, но не позволяет достичь требуемых по ГОСТ показателей.

Список источников

1. Артемов, А.П. Металлизация текстильных изделий // В мире оборудования.– 2002.– № 10.– С. 27-30.
2. Дмитракович, Н.М. Сравнительный анализ технологических процессов получения огнестойких тканей с металлизированным покрытием / Н.М. Дмитракович, Ю.Г. Русецкий, В.В. Гнутенко и др. // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация.– 2004.– № 6 (16).– С. 27-35.
3. Патент RU № 2496647 Воронова Н.А., Гореленков В.К., Давыдкин В.А., Замятин А.В., Копецкий С.Ю., Корнюшин А.П., Матвеев Ю.А., Резниченко С.В. Теплоотражающий огнестойкий слоистый резиноканевый защитный материал. Оpubл. 27.10.2013.
4. Патент RU (11) 2 439 230(13) C2 Уэльский А.А., Сыркин В.Г., Гребенников А.В., Чернышев Е.А. Химическая газофазная металлизация тканей и нетканых материалов. Оpubл. 10.08.2001.
5. Патент RU (11) 2 479 681(13) C2 Гребёнкин А.Н., Шумков А.А., Гребёнкин А.А., Макаров А.Е. Способ металлизации плоских материалов. Оpubл. 20.04.2013.
6. Патент RU 2 363 790 C1 Смирнова Н.В. Способ металлизации дисперсных тканых и нетканых материалов. Оpubл. 04.06.2007.
7. Патент RU 2 412 292 C2 Холматов Т.Х. Способ обработки ткани. Оpubл. 12.01.2009.

8. Wear studies of (Ti-Al)N coatings deposited by reactive magnetron sputtering / K. Singh [et al.] // *Wear*. – Volume 258, Issues 11-12, June 2015. – P. 1813–1824.
9. О.В. Рева, Д.В. Криваль, А.В. Врублевский Огнестойкие теплоотражающие слои на оксидирующих текстильных подложках // Полимерные материалы пониженной горючести: сб. материалов XII Международной конференции. 9–12 сентября 2025 г. / под общей редакцией Э.М. Идрисова. – Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России. – 2025. – 502 с. – С. 114–119.
10. Рева, О.В. Металлосодержащие композитные огнестойкие слои на текстильных подложках / О.В. Рева, Д.В. Криваль, А.В. Врублевский // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов ФТИ НАН Беларуси. – В 2 кн. – Кн. 1. – 2022. – С. 229–240.
11. Богданова, В.В. Влияние рецептурного состава металлофосфатных огнезамедлительных систем и модифицирующих добавок на устойчивость огнезащитной отделки полиэфирных тканей к гидролизной обработке / В.В. Богданова, О.И. Кобец, О.В. Рева // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2024. – Т. 8, № 4. – С. 423–436. EDN: <https://elibrary.ru/QFSHLG> DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2024.8-4.423>
12. Рева, О.В. Обеспечение водостойкости поверхностной огнезащиты полиэфирных текстильных материалов различной плотности неорганическими составами / О.В. Рева, В.В. Богданова, З.В. Шукело, О.И. Кобец // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі, Сэрыя фізіка-тэхнічных навук. – 2025. – Т. 70, № 2. – С. 111–123. <https://doi.org/10.29235/1561-8358-2025-70-2-111-123>.

УДК 614.838.52

ББК 30ц

Александр Андреевич Комаров

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия (bzbb@mail.ru, SPIN 1063–8262, ID: 155673)

Роман Юрьевич Петров

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (j.r.holden12rus@yandex.ru, SPIN 1881–9609, ID: 1296438)

Алексей Павлович Шевченко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (z4sbudavr@mail.ru, SPIN 9453–6914, ID: 1248530)

Софья Андреевна Ковалева

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», Москва, Россия (s.kovaleva.sofya@yandex.ru, SPIN 1063–8262, ID: 155673)

Сравнение методик расчёта параметров легкобрасываемых конструкций и пути совершенствования

Аннотация. В статье рассмотрены ключевые нормативные документы по расчёту параметров легкобрасываемых конструкций (ЛСК) для взрывоопасных помещений категорий А и Б. Проанализированы сильные и слабые стороны методик: упрощённая формула СП 4.13130.2013 ($0,05 \text{ м}^2/\text{м}^3$ для категории А), детальные модели ГОСТ Р 56288-2024 и ГОСТ Р 12.3.047-2012. Выявлены расхождения результатов расчётов (до 2–3 раз), усложняющие проектирование и экспертизу. Предложено создание унифицированных таблиц/монограмм на основе верифицированных моделей для повышения точности и удобства.

Ключевые слова: дефлаграционный взрыв, легкобрасываемые конструкции, взрывоустойчивость, расчёт площади легкобрасываемой конструкции, параметры легкобрасываемой конструкции.

Aleksandr A. Komarov

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)»

Roman Yu. Petrov

Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia Moscow,

Aleksey P. Shevchenko

Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia Moscow,

Sofya A. Kovaleva

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)»

Comparison of methods for calculating the parameters of easily removable structures and ways to improve

Annotation. The article reviews key regulatory documents for calculating lightweight venting structures (LVS) parameters for explosion-hazardous premises of categories A and B. Strengths and weaknesses of methods are analyzed: simplified formula from SP 4.13130.2013 ($0.05 \text{ m}^2/\text{m}^3$ for category A), detailed models from GOST R 56288-2024 and GOST R 12.3.047-2012. Discrepancies in calculation results (up to 2–3 times) complicating design and expertise are identified. The creation of unified verified model-based tables/nomograms is proposed to enhance accuracy and usability.

Keywords: deflagration explosion, easily removable structures, explosion resistance, calculation of the area of an easily removable structure, parameters of an easily removable structure.

Основными понятиями, относящимися к производственным объектам категории А и Б, являются: взрывобезопасность и взрывоустойчивость. Взрывобезопасность объекта: состояние объекта, при котором выполнено одно из двух условий: а) частота возникновения взрыва не превышает допустимого нормами значения; б) нагрузки в случае взрыва не превышают допустимых нормами значений. Взрывоустойчивость объекта - состояние объекта, при котором отсутствует возможность повреждения несущих строительных конструкций и оборудования, травмирования людей опасными факторами взрыва, что может достигаться сбросом давления (энергии взрыва) в атмосферу до безопасного уровня в результате вскрытия проемов в ограждающих конструкциях здания, перекрываемых предохранительными противовзрывными устройствами (остекление, специальные окна или легкобрасываемые конструкции) [1,2,3].

Одним из способов обеспечения взрывоустойчивости является устройство в сбросных проемах легкобрасываемых конструкций (ЛСК) [4,5]. Легкобрасываемые конструкции представляют собой часть ограждающих конструкций здания или покрытия, предназначенную для снижения избыточного давления взрыва за счёт своевременного освобождения сбросного проёма. Основная задача ЛСК — сохранить несущие строительные конструкции и предотвратить травмирование людей за счёт ограничения избыточного давления при взрыве. ЛСК классифицируют по функциональному назначению, материалу профильных элементов и принципу работы; выделяют разрушаемые, поворотные и смещаемые конструкции, каждая из которых имеет собственный механизм срабатывания.

Цель работы: сравнить существующие подходы к расчёту параметров ЛСК (СП 4.13130.2013, ГОСТ Р 56288-2024, ГОСТ Р 12.3.047-2012, Рекомендации ВНИИПО), выявить расхождения результатов и обосновать необходимость создания унифицированных таблиц/монограмм на основе верифицированных моделей для упрощения проектирования и надзорной деятельности.

Научная новизна работы заключается в сопоставлении результатов расчёта параметров ЛСК по четырём различным нормативным документам и обосновании необходимости унификации расчётного инструментария в виде таблиц/монограмм, доступного для широкого круга проектировщиков и специалистов надзорных органов.

Обзор методик расчёта параметров легкобрасываемых конструкций

К основным параметрам ЛСК относятся площадь, ее вес (инерционность), давление срабатывания (сброса). Методик расчета этих параметров несколько. Остановимся на каждом из них кратко:

1. «Расчет параметров легкобрасываемых конструкций для взрывопожароопасных помещений промышленных объектов». Рекомендация ВНИИПО³. Это детально разработанная методика расчета параметров ЛСК для взрывоопасных помещений. Рекомендации дают возможность проводить расчеты при необходимости установки ЛСК и в ограждающей конструкции, и в кровле здания. Так же рассматриваются варианты расчетов с различными видами ЛСК (есть и смещаемые конструкции, и оконные блоки и т. д.). Методика основана на анализе и сопоставлении действующих нормативных документов и научных публикаций, а также содержит практические примеры с расчетными таблицами, что делает её удобным инструментом для проектировщика [1,6]. Формулы ориентированы на обеспечение безопасности: используются консервативные коэффициенты, обеспечивающие запас по площади ЛСК и снижающие риск недооценки требуемых параметров при дефлаграционном взрыве.

2. ГОСТ Р 56288-2024⁴. «Конструкции оконные со стеклопакетами легкобрасываемые для зданий». Один из самых последних нормативных документов, дающих инструмент для расчета параметров ЛСК. В документе есть сквозная терминология, привязка, ссылка на

³ Рекомендации ВНИИПО. Расчёт параметров легкобрасываемых конструкций для взрывопожароопасных помещений промышленных объектов. — М.: ВНИИПО МЧС России, 2015. — 48 с.

⁴ ГОСТ Р 56288-2024. Конструкции оконные со стеклопакетами легкобрасываемые для зданий. Технические условия. — Введ. 01.07.2024. — М.: Стандартинформ, 2024.

нормативные документы. Структурированная классификация по видам и типам ЛСК, материалам изготовления. Подробно прописаны технические требования, правила приемки и методы контроля. Приложение А даёт методику расчета количества и площади ЛСК на основе моделей динамики взрывного давления для разных типов конструкций (поворотные, смещаемые). Приложение Б содержит таблицу характеристик горючих смесей (плотность, степень расширения, скорость распространения пламени), что упрощает подготовку исходных данных для расчетов. Вместе с тем применение данной методики связано с высокой вычислительной сложностью: расчёт основан на решении системы дифференциальных уравнений методом Рунге–Кутты, что требует специализированного программного обеспечения и соответствующей математической подготовки проектировщика [4,6].

3. СП 4.13130.2013⁵. «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям». Преимуществом данного подхода является предельная простота применения как для проектировщиков, так и для органов государственного надзора. В документе задаётся линейная зависимость требуемой площади ЛСК от объёма помещения с фиксированными нормативными коэффициентами. Это позволяет быстро проводить необходимые расчеты без моделирования взрывных нагрузок. Ясно перечислены допустимые типы ЛСК (остекление, части покрытия) и введены измеримые критерии «легкосбрасываемости» для стекла (толщина и минимальная площадь), а также ограничение по нагрузке от массы покрытий. Тем не менее, значения $0,05\text{ м}^2$ и $0,03\text{ м}^2$ на кубический метр объёма помещения категории А и Б соответственно никак не связаны с физическими характеристиками взрывоопасной смеси, кинематикой вскрытия проема и допустимыми значениями избыточного давления на строительные конструкции. В разделе методики хотя и прописана необходимость расчета параметров ЛСК, но самой методики в документе нет.

4. ГОСТ Р 12.3.047-2012⁶ "Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля" (прил. Н). В целом этот документ про пожарную безопасность технологических процессов и ЛСК упоминается поверхностно: как один из способов разгерметизации оборудования/помещений (в приложении Н), а также в общих рекомендациях по снижению последствий взрыва (ограничение распространения через предохранительные устройства, ПЗУ и т.п.). Конкретного расчёта параметров ЛСК (давление вскрытия, площадь, кинематика) нет.

Вопросы взрывозащиты помещений с использованием предохранительных конструкций подробно рассмотрены в монографиях и статьях Пилюгина Л.П., Орлова Г.Г., Шлега А.М., Комарова А.А. [1-5].

Методика исследования

Методика исследования проводилась в два этапа:

1. Сравнительный анализ нормативных документов. Сравнивались следующие методики расчета параметров легкобрасываемых конструкций (ЛСК):

– СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара...»;

– ГОСТ Р 56288-2024 «Конструкции оконные со стеклопакетами легкобрасываемые для зданий...»;

– ГОСТ Р 12.3.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов...»;

– Рекомендации ВНИИПО «Расчёт параметров легкобрасываемых конструкций для взрывопожароопасных помещений...».

Критерии сравнения:

– Требуемая площадь ЛСК (S , м^2) при одинаковых исходных данных;

– Учёт типа горючей смеси и кинематика вскрытия проема;

⁵ СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям. — М.: МЧС России, 2013.

¹ ГОСТ Р 12.3.047-2012. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. — М.: Стандартинформ, 2012.

– Применимость для проектных организаций и органов надзора.

2. Тестовый расчёт для типового помещения

Исходные данные помещения:

– Размеры: $42,8 \times 18,0 \times 12,075$ м (объём $V = 9300$ м³);

– Категория помещения: А (по СП 12.13130);

– Горючая среда: метановоздушная смесь;

– Допустимое избыточное давление: $R_{доп} = 5$ кПа;

– Начальные условия: $P_0 = 101,3$ кПа, $T_0 = 20^\circ\text{C}$.

Для каждой методики определялась площадь ЛСК и оценивалась возможность практического применения органами надзора и проектными организациями без специализированного ПО.

Результаты расчётов

Однако, несмотря на все достоинства расчетных схем данных нормативных документов, позволяющих точно определить требуемые значения ЛСК, для корректного использования указанных расчетных схем требуется высокий уровень не только инженерной подготовки, но и понимания физико-химических основ взрывных процессов. Для большинства инженеров-проектировщиков и специалистов надзорных органов применение таких расчётных схем затруднено. В результате высокая сложность методик может приводить к неверному выбору параметров ЛСК и, как следствие, к повышенному риску аварийного разрушения конструкций. Кроме того, отсутствие возможности надзорных органов на месте проверить обеспеченность производственного здания предохранительными конструкциями с необходимыми параметрами, может негативно сказаться на безопасности. Для иллюстрации различий между методиками выполнен расчёт для типового помещения. При одинаковых исходных данных получены различные результаты:

– СП 4.13130 – $S \approx 465$ м²;

– ГОСТ Р 56288–2024 – $S \approx 84$ м²;

– Рекомендации ВНИИПО – $S \approx 130$ м².

На рисунке представлена требуемая площадь проемов, рассчитанная по различным методикам.

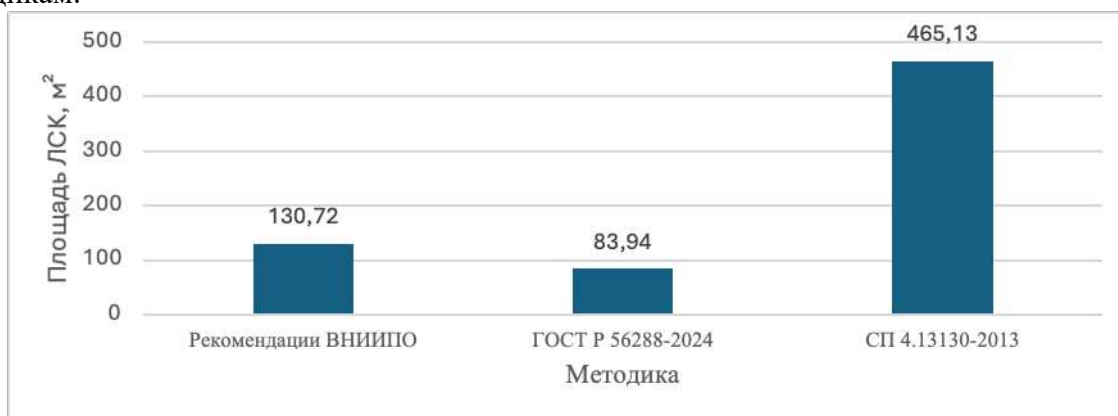


Рисунок – Сравнение требуемой площади проемов по различным методикам

Таким образом, разброс значений требуемой площади ЛСК для одного и того же помещения составляет до 2–3 раз, что принципиально влияет как на безопасность, так и на экономику проекта [4,5].

Обсуждение и направление совершенствования

В отсутствие удобного расчетного инструмента органы надзора фактически ограничены проверкой только формальных требований (наличие ЛСК, номинальная площадь по СП), не имея возможности быстро оценить достаточность ЛСК с точки зрения реальных сценариев взрыва.

Предлагается не изменять действующие нормативные значения и расчетные модели, а разработать на их основе унифицированный инженерный инструмент (таблицы/монограммы),

позволяющий оперативно определять параметры ЛСК для типичных сочетаний объёмов помещения, площади ЛСК и давления срабатывания ЛСК.

Выводы

1. Сложность существующих расчётных методик (ГОСТ 56288, ГОСТ 12.3.047, Рекомендации ВНИИПО) затрудняет их использование широким кругом проектных организаций и органов надзора;
2. Сравнение результатов расчетов по различным нормативным документам для одного и того же помещения показало существенный разброс значений требуемой площади ЛСК (до 2–3 раз);
3. Необоснованное завышение площади ЛСК приводит к значительному перерасходу средств на ограждающие конструкции и фурнитуру, а занижение площади — к риску разрушения здания при внутреннем взрыве;
4. Отсутствие унифицированного и доступного расчётного инструмента усложняет как проектирование, так и проведение экспертиз в части оценки взрывоустойчивости зданий;
5. Перспективным направлением совершенствования является разработка и внедрение в практику унифицированных таблиц/монограмм, построенных на основе верифицированных расчётных моделей ГОСТ Р 56288-2024, что позволит обеспечить как требуемый уровень безопасности, так и удобство применения методики.

Список источников

1. Пилюгин Л.П. Конструкции сооружений взрывоопасных производств. — М.: Стройиздат, 1988. — 315 с.
2. Пилюгин Л.П. Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций. — М.: Ассоциация «Пожарная безопасность и наука», 2000. — 224 с.
3. Орлов Г.Г. Легкосбрасываемые конструкции для взрывозащиты промышленных зданий. — М.: Стройиздат, 1987. — 198 с.
4. Комаров А.А. Прогнозирование нагрузок от аварийных дефлаграционных взрывов и оценка последствий их воздействия на здания и сооружения: дис. ... д-ра техн. наук. — М.: МГСУ, 2001. — 476 с.
5. Шлег А.М. Определение параметров легкобрасываемых конструкций, обеспечивающих допустимые взрывные давления во взрывоопасных помещениях: дис. ... канд. техн. наук. — М.: МГСУ, 2002. — 187 с.
6. Мольков В.В. Вентилирование газовой дефлаграции: дис. ... д-ра техн. наук. — М.: ВНИИПО, 1996. — 686 с.

Дмитрий Юрьевич Калков

ФГКОУ ВО «Воронежский институт МВД России», Воронеж, Россия (DmitreyRUS@mail.ru, SPIN 2520-1605, ID: 700032)

Максим Андреевич Гудков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (m.gudkov@academygps.ru, SPIN 5971-6544, ID: 643918)

Юлия Сергеевна Никитина

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия (yunika-five@yandex.ru, SPIN 9383-4430, ID: 841780)

Применение беспилотных технологий и машинного зрения для решения задач экстренных и оперативных служб

Аннотация. В статье рассматривается создание прототипа устройства для проведения поисковых мероприятий в интересах оперативных служб, на базе беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Предложено решение, интегрирующее одноплатный компьютер Raspberry Pi 5, тепловизионную камеру и алгоритмы компьютерного зрения на основе библиотеки OpenCV. Особое внимание уделено методу цветовой фильтрации в пространстве HSV для выделения тепловых сигнатур человека и подавления ложных срабатываний. Экспериментальные результаты подтверждают эффективность предложенного подхода для автономного обнаружения объектов в условиях, приближенных к реальным поисковым операциям.

Ключевые слова: компьютерное зрение, OpenCV, Raspberry Pi, поисковые операции, тепловизионная съемка, HSV-фильтрация.

Dmitry Yu. Kalkov

Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Voronezh, Russia

Maxim A. Gudkov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Yulia S. Nikitina

G.F. Morozov Voronezh State Forestry University, Voronezh, Russia

Application of unmanned technologies and machine vision for solving tasks of emergency and operational services

Abstract. The article discusses the development of a prototype device for search operations in the interest of emergency services, based on an unmanned aerial vehicle (UAV). The proposed solution integrates a Raspberry Pi 5 single-board computer, a thermal imaging camera, and computer vision algorithms using the OpenCV library. Particular attention is paid to the method of color filtering in the HSV space for isolating human thermal signatures and suppressing false positives. Experimental results confirm the effectiveness of the proposed approach for autonomous object detection under conditions close to real search operations.

Keywords: computer vision, OpenCV, Raspberry Pi, search operations, thermal imaging, HSV filtering.

Успех при проведении поисковых мероприятий оперативными службами во многом зависит от скорости реагирования, площади охвата территории и точности анализа поступающей информации. Перед сотрудниками МЧС, МВД и других ведомств регулярно встают задачи обнаружения пропавших людей, пострадавших в природной или техногенной

среде, а также лиц, скрывающихся от правосудия. Традиционные методы розыска, такие как патрулирование местности или применение служебных собак, обладают существенными ограничениями, связанными с ландшафтом, погодными условиями и временем суток [1]. В этой связи беспилотные летательные аппараты (БПЛА) становятся незаменимым инструментом, позволяя оперативно обследовать обширные и труднодоступные территории [2].

Однако простое видеонаблюдение с БПЛА перекладывает задачу обнаружения на оператора, что снижает эффективность из-за утомляемости и человеческого фактора, особенно при длительных поисках или в условиях плохой видимости. Решением является внедрение систем технического зрения непосредственно на борт дрона. Цель данной работы – разработка и апробация прототипа аппаратно-программного комплекса на базе БПЛА, способного в автоматическом режиме обнаруживать человека по его тепловой сигнатуре с использованием методов компьютерного зрения, что позволит повысить эффективность работы различных оперативных служб.

1. Современное состояние поисковых операций и роль компьютерного зрения.

Анализ существующих методов показывает, что успех поисковой операции зависит от скорости охвата территории и точности анализа информации [3]. Применение БПЛА позволяет решить проблему быстрого мониторинга, но ключевым звеном остается интерпретация видеоданных.

Библиотека компьютерного зрения с открытым исходным кодом OpenCV предоставляет широкий инструментарий для решения задач распознавания. Одним из базовых, но эффективных методов является сегментация по цвету. В контексте поиска человека с помощью тепловизионной камеры, где изображение формируется на основе градиентов тепла, задача сводится не к поиску формы, а к поиску специфического цветового диапазона, соответствующего излучению тела человека.

Стандартное цветовое пространство BGR (RGB) чувствительно к освещению, что делает его нестабильным для работы на открытой местности. Более перспективным является пространство HSV (Hue, Saturation, Value), разделяющее цвет, насыщенность и яркость. Это позволяет задавать более узкие и точные диапазоны для фильтрации целевых объектов, игнорируя фоновые шумы [4].

2. Аппаратно-программная реализация прототипа. В качестве вычислительного ядра разработанного прототипа был выбран одноплатный компьютер Raspberry Pi 5. Его производительность достаточна для обработки видеопотока в реальном времени, а компактность позволяет разместить устройство непосредственно на борту БПЛА. Комплекс включает:

1. БПЛА-платформа: базовый дрон, способный нести целевую нагрузку.
2. Бортовой вычислитель: Raspberry Pi 5 с установленной ОС Raspbian и библиотекой OpenCV.
3. Сенсор: тепловизионная камера, работающая в инфракрасном диапазоне.
4. Программное обеспечение: автономный скрипт на языке Python, реализующий алгоритмы фильтрации и обнаружения.

Алгоритм работы программы:

1. Захват кадра с тепловизионной камеры.
2. Конвертация изображения из BGR в цветовое пространство HSV.
3. Применение цветовой маски с эмпирически подобранными параметрами для выделения диапазона, соответствующего излучению человеческого тела.
4. Выделение контуров найденных областей с помощью функций OpenCV.
5. Фильтрация найденных областей по размеру (длине окружности эллипса) для отсеивания мелких тепловых артефактов.
6. Маркировка обнаруженного объекта на исходном изображении (обведение эллипсом) для оператора.

7. (Опционально) Передача координат объекта и геометки БПЛА на наземную станцию.

3. Экспериментальные результаты. Испытания прототипа проводились в условиях, приближенных к реальным. Тепловизионная камера фиксировала окружающее пространство с присутствием человека. Эмпирическим путем были подобраны следующие параметры HSV-фильтра для человеческого тела: H (0–22), S (0–210), V (180–255).

Анализ результатов: на исходном тепловизионном снимке (рис. 1) человеческая фигура четко различима для глаза, но представляет собой сложный градиент для машинного анализа. Применение маски HSV (рис. 2) позволило выделить область интереса, отсеяв большую часть фонового теплового шума.



Рисунок 1 – Изображение окружающей среды в инфракрасном диапазоне

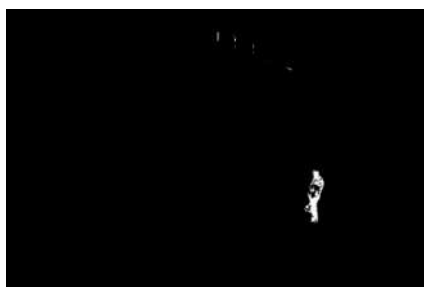


Рисунок 2 – Изображение окружающей среды с наложенной маской цветофильтра HSV с заданными параметрами



Рисунок 3 – Изображение окружающей среды после обработки программным обеспечением

После наложения маски и применения контурного анализа программа успешно идентифицировала цель. Как видно на рис. 3, найденный объект выделен эллипсом, при этом случайные артефакты (небольшие тепловые пятна) были отсеяны благодаря программному фильтру по минимальному размеру объекта.

Таким образом, разработанный алгоритм продемонстрировал способность надежно выделять тепловую сигнатуру человека на контрастном фоне. Использование HSV-пространства позволило минимизировать влияние перепадов яркости внутри самого объекта, а фильтрация по контуру и размеру – исключить ложные срабатывания от посторонних нагретых предметов.

Заключение. В ходе исследования был разработан и протестирован прототип поискового комплекса на базе БПЛА. Интеграция одноплатного компьютера Raspberry Pi 5 с тепловизионной камерой и алгоритмами компьютерного зрения на базе OpenCV показала свою состоятельность для решения широкого круга задач оперативных служб.

Ключевые выводы:

1. Использование цветового пространства HSV является эффективным методом для обработки тепловизионных изображений, позволяя с высокой точностью выделять целевые объекты (людей) вне зависимости от их статуса (пострадавший, пропавший, разыскиваемый).
2. Размещение вычислительных мощностей непосредственно на БПЛА (бортовая обработка) снижает требования к каналу связи и разгружает оператора, автоматизируя первичный поиск.
3. Применение пороговых фильтров (по размеру контура) значительно повышает достоверность обнаружения, минимизируя ложные срабатывания.

Предложенное решение позволяет сократить время поисковых операций, минимизировать влияние человеческого фактора и снизить нагрузку на личный состав различных ведомств. Дальнейшее развитие работы видится в применении алгоритмов машинного обучения для классификации обнаруженных объектов и повышении автономности БПЛА при выполнении задач мониторинга местности.

Список источников

1. Химеденова Д.Н., Тарыкин В.К. Тени свободы: современный взгляд на побег из исправительных учреждений // Полицейская и следственная деятельность. 2025. № 1. С. 71-81.
2. Ахмедов, Т. Х. Летательные и подводные аппараты с машущими движителями. Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. 192 с.
3. Шакирьянов Э. Д. Компьютерное зрение на Python. Первые шаги. М.: Лаборатория знаний, 2021. 163 с.
4. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. 752 с.
5. Raspberry Pi Pico в любительских проектах / пер. с англ. Ю. В. Ревича. М.: ДМК Пресс, 2023. 282 с.

Диана Ашотовна Багдагулян

Главное управление МЧС России по Астраханской области, Астрахань, Россия
(didi.0498@yandex.ru, SPIN 1201-0363, ID: 1293368)

Гафур Халафович Самигуллин

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России им. Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева», Санкт-Петербург, Россия
(samigullin.gh@yandex.ru, SPIN 8830-4253, ID: 1020610)

Исса Тагирович Богатырев

Главное управление МЧС России по Астраханской области, Астрахань, Россия
(uoptipasr@yandex.ru)

**Оценка рисков аварий и особенностей пожарной опасности, связанных с
производством и применением сжиженных углеводородных газов на
газоперерабатывающих предприятиях**

Аннотация. В статье представлен анализ аварийности и особенностей пожарной опасности на газоперерабатывающих предприятиях, где производится и применяются сжиженные углеводородные газы (СУГ). Анализ основан на статистических данных производства СУГ в России, причин возникновения пожаров на газоперерабатывающих предприятиях.

Ключевые слова: сжиженные углеводородные газы, пожар, пожарная опасность, газоперерабатывающие предприятия, аварийность.

Diana A. Bagdadyulyan

Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the Astrakhan Region, Astrakhan, Russia

Gafur H. Samigullin

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia named after Hero of the Russian Federation, General of the Army E.N. Zinichev", St. Petersburg, Russia

Issa T. Bogatyrev

Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the Astrakhan Region, Astrakhan, Russia

**Assessment of accident risks and fire hazard characteristics associated with the production
and use of liquefied petroleum gases at gas processing plants**

Abstract. This article presents an analysis of accident rates and fire hazard characteristics at gas processing plants that produce and use liquefied petroleum gases (LPG). The analysis is based on statistical data on LPG production in Russia and the causes of fires at gas processing plants.

Keywords: liquefied petroleum gases, fire, fire hazard, gas processing plants, accident rates.

Сжиженные углеводородные газы (СУГ) – это синтетическое топливо, содержащее легкие углеводороды, находящиеся в жидком состоянии при условиях небольшого избыточного давления и нормальной температуры. Его получают из нефти и сконденсированных нефтяных попутных газов или при добыче и переработке газа. Основными компонентами смеси являются пропан и бутаны в различных пропорциях [11]. При нормальных условиях (атмосферное давление и температура воздуха не менее 0 °С) компоненты смеси находятся в газообразном состоянии, но при небольшом повышении

давления (при постоянной температуре) или незначительном понижении температуры (при атмосферном давлении) переходят из газообразного состояния в жидкое.

На сегодняшний день сформированы четыре основных сектора применения сжиженного газа: муниципальный сектор, промышленный сектор, транспорт и нефтехимия. Степень использования сжиженного газа в каждой из этих областей зависит от ряда условий, в значительной степени специфичных для конкретной страны или региона.

За последние 5 лет производство СУГ в России значительно увеличилось (рис. 1.1).

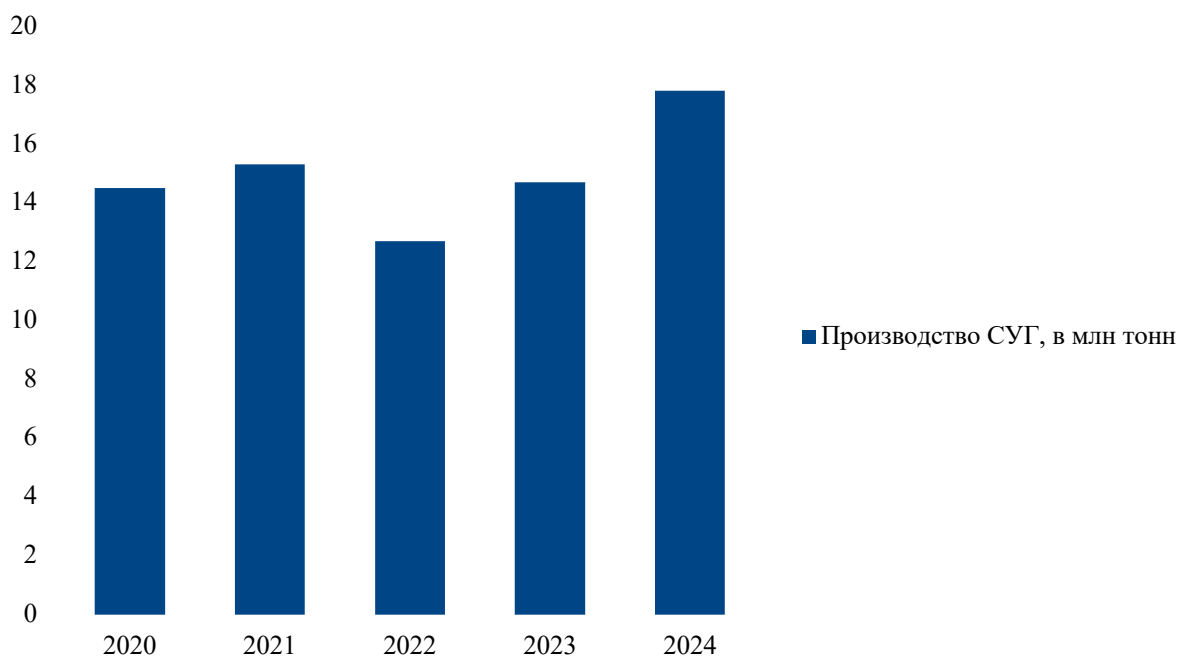


Рисунок 1 – Производство СУГ за последние 5 лет

Анализ производства СУГ в России показывает положительную динамику роста с 2020 года. Производства СУГ в России с 2020 года выросло на 22,7% [25].

Однако вместе с ростом производства СУГ возрастает и возможность возникновения аварий на предприятиях, производящих и применяющих СУГ. Это обусловлено наличием большого количества СУГ, что создает опасность аварийного выбросов опасного вещества при аварийной разгерметизации резервуара, образованию газозоодушных смесей (ГВС) с кислородом воздуха, а при наличии источников зажигания – к взрыву или горению облака ГВС, факельному горению, пожару проливов, образованию огненного шара, а также технологического оборудования, в котором возможны отказы компрессорного и насосного оборудования из-за низкого уровня надежности отдельных узлов (торцевых уплотнений, подшипниковых узлов), гидроударов, повышенных вибрационных нагрузок и т.п.

Основными факторами, влияющих на возникновение аварий являются:

- высокая скорость испарения СУГ — при испарении 1 литра сжиженного газа образуется около 250 литров газообразного;
- плотность газовой фазы в 1,5–2 раза больше плотности воздуха, что затрудняет рассеивание газа в воздухе, особенно в закрытом помещении;
- быстрый рост взрывоопасных концентраций в значительных объёмах из-за большой скорости испарения СУГ и низких концентрационных пределов распространения пламени;
- высокий коэффициент объёмного расширения — при нагревании возможно быстрое повышение давления внутри резервуара и его разрыв.

Основные причины аварий представлены на рис. 1.2.

Основные причины аварий

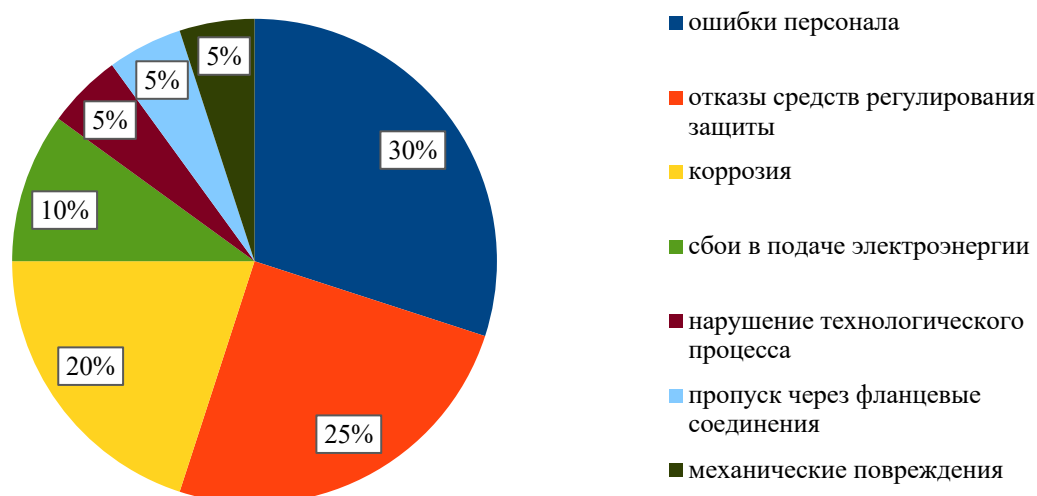


Рисунок 2 – Основные причины аварий на предприятиях, производящих и применяющих СУГ

Анализ аварийности на объектах хранения и переработки сжиженных углеводородных газов (СУГ) показывает, что в основном аварии происходят по ошибке персонала и нарушений работы технологического оборудования.

Проведем анализ крупный аварий на предприятиях, производящих и применяющих СУГ в России (табл. 1).

Таблица – Аварии на предприятиях, производящих и применяющих СУГ в России

Дата, место	Основные причины	Масштабы развития аварии	Число пострадавших, ущерб
12 июня 2020 года Пожар на Казанской газораспределительной станции ООО «Газпром сжиженный газ» (г. Казань) [4]	Неправильные действия производственного персонала во время перелива СУГ из ж/д цистерн в стационарные резервуара готовой продукции объемом 170 м ³	Авария вызвала факельное воспламенение СУГ, высота горящего столба достигла 50 м. В операторной прогремел взрыв, в результате здание обрушилось.	Один сотрудник газораспределительной станции погиб. Ещё двое пострадали – мужчины получили с 10-15% ожогами тела. Ущерб составил 110 млн руб
5 августа 2021 года Пожар на заводе по подготовке конденсата к транспорту ООО «Газпром переработка» (г. Новый Уренгой) [5]	Разгерметизация оборудования установки деэтанзации конденсата (УДК-1)	Газ начал наполнять цех и вскоре взорвался, что вызвало пожар, который тушили около суток	Пострадавших и погибших нет Ущерб -

9 июля 2022 года Пожар в районе посёлка Кузоватово Ульяновской области на АГЗС, принадлежащей ООО «Газнефтепродукт» (Ульяновская область) [6]	Отсутствие заземления автомобильной цистерны на АГЗС; отсутствие работоспособности соединения, шланга паровой фазы сжиженного углеводородного газа с узлом слива, установленного на автомобильной цистерне; бетонная площадка, здание операторной и заправочные островки не были оборудованы сигнализаторами дозврывоопасных концентрации	При сливе сжиженного углеводородного газа из автоцистерны в составе автомобильного тягача, принадлежащего ООО «Терминал Газ» (г. Сызрань), в надземный резервуар произошло возгорание с последующим взрывом. Огонь полностью уничтожил бензовоз и здание операторной №1, серьёзно пострадали бытовое здание, здание операторной №2 и легковой автомобиль Opel Astra	В результате работник АГЗС и водитель тягача с тяжёлыми ожогами и травмами были доставлены в медицинские учреждения Ущерб – 16,5 млн руб

Анализ аварий на предприятиях, производящих и применяющих СУГ в России показывает, что в основном они заканчиваются взрывом или образованием «огненного шара». Такие аварии как правило, сопровождаются выбросами опасных веществ в атмосферу. Основными поражающими факторами в случае аварий являются ударная волна, тепловое излучение, открытое пламя, осколки разрушенного оборудования.

Предприятия, работающие с СУГ, являются объектами с высоким уровнем пожарной опасности. Специфические свойства СУГ, такие как высокая летучесть, широкий диапазон взрывоопасности и низкая температура самовоспламенения, создают предпосылки для возникновения аварийных ситуаций.

Таким образом, для обеспечения безопасности и минимизации рисков необходимо применять комплексный подход, включающий в себя:

- постоянное совершенствование технологических процессов и оборудования, направленное на повышение их надежности и герметичности.
- непрерывное обучение и повышение квалификации персонала, а также формирование высокой культуры безопасности.
- усиление контроля и надзора за соблюдением требований промышленной безопасности и охраны труда.
- модернизацию и поддержание в исправном состоянии систем противоаварийной защиты и пожаротушения.
- грамотное проектирование и строительство объектов, учитывающее все потенциальные риски.
- разработку и регулярную отработку планов реагирования на чрезвычайные ситуации.

Только при условии неукоснительного соблюдения всех мер безопасности и постоянного внимания к вопросам предотвращения аварий, предприятия, работающие с СУГ, смогут обеспечить их безопасное производство и применение, минимизируя риски для персонала, окружающей среды и населения.

Список источников

1. ГОСТ Р 52087-2018. Газы углеводородные сжиженные топливные. Технические условия;
2. Справочник «Газпром в цифрах 2020-2024. Энергия стране»: [Электронный ресурс] – URL: <https://www.gazprom.ru/f/posts/44/479056/gazprom-in-figures-2020-2024-ru.pdf> (дата обращения: 20.02.2026);
3. Шевцов, С. А. Определение величин пожарного риска на производственных объектах хранения сжиженного углеводородного газа [Текст] : учебное пособие / С. А. Шевцов, Д. В. Каргашилов, Л. П. Вогман. — Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2018 — 89 с.
4. Интерфакс. «Минздрав Татарстана подтвердил гибель одного человека при взрыве на газозаправочной станции»: [Электронный ресурс] - URL: <https://www.interfax.ru/russia/712978> (дата обращения: 20.02.2026)
5. Тасс. «В Новом Уренгое произошел пожар на заводе по подготовке конденсата к транспорту»: [Электронный ресурс] - URL: <https://tass.ru/proisshestviya/12061905> (дата обращения: 21.09.2025)
6. Комсомольская правда. «Роструд нашел огромное количество причин взрыва на АГЗС в Кузоватовском районе Ульяновской области 9 июля 2022 года – к ЧП привели больше 25 нарушений»: [Электронный ресурс] - URL: <https://www.ul.kp.ru/daily/27485.5/4693807/> (дата обращения: 21.09.2025).

Ирина Ивановна Ащеулова

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (irina_ashcheulova@mail.ru, SPIN 6743-2477, ID: 47166)

Игорь Николаевич Титоренко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (titorenko_1980@mail.ru, SPIN 9012-2249, ID: 1286233)

Наталья Александровна Заседателева

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (natali.zas@icloud.com, SPIN 7680-7728, ID: 1326767)

Ирина Игоревна Реформатская

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (reformir@yandex.ru, SPIN 3686-4973, ID: 54466)

Михаил Андреевич Грохотов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (migrokhotov@yandex.ru, SPIN 6858-1530, ID: 876173)

Пожароопасные свойства нефти месторождений Волжско-Уральской нефтегазоносной провинции

Аннотация. Исследовали образцы нефти, добытой на нефтепромыслах Ромашкинского месторождения и Самарской области, относящихся к Волго-Уральской нефтегазовой провинции. Расстояние между скважинами составляло 20-150 км. Давление насыщенных паров, определенное по ГОСТ 1756-2000 с использованием установки АПД-02, составляет 3,5-57,4 кПа, что характерно для дизельного топлива. Температура вспышки в открытом сосуде изменяется в пределах 32,5-41 °С. Это позволяет квалифицировать исследованную нефть как ЛВЖ опасную при повышенной температуре. Это близко к рассматриваемому параметру дизельного топлива. Принципиальных различий в свойствах нефти, добытой на различных скважинах не обнаружено.

Ключевые слова: Волго-Уральская нефтегазоносная провинция, нефть, температура вспышки, давление насыщенных паров, пожары.

Irina I. Ashcheulova

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Nataly A. Zasedateleva

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Igor N. Titorenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Irina I. Reformatskaya

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Michael A. Grochotov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Pyro-hazardous properties of oil deposits in the Volzhsk-Urals oil and gas province

Abstract. Examined samples of oil produced at the Romashkinskoe oilfields and in the Samara region belonging to the Volgo-Urals oil and gas province. The distance between wells was 20-150 km. The saturated vapour pressure by GOST 1756-2000 using the APD-02 unit is 3.5-57.4 kPa, which is typical for diesel fuel. The flash point in an open vessel varies between 32.5 and 41°C. This allows the oil to be classified as a hazardous LDW at elevated temperature. This is close to the diesel fuel

parameter under consideration. There are no fundamental differences in the properties of oil produced at different wells.

Keywords: Volgo-Ural oil and gas province, oil, flash point, saturated vapour pressure, fires.

На территории России выделяют 3 основные нефтегазоносные провинции, одной из которых является Волго-Уральская, на территории которой располагается более четверти всех отечественных месторождений тяжелых нефтей [1], с суммарными запасами, превышающими 34 % от общероссийских запасов [2]. В настоящее время в составе провинции насчитывается 650 нефтяных месторождений, 24 из которых относятся к категории крупных. Одно из крупнейших месторождений – Ромашкинское, открыто в 1946 г. и располагается в Татарстане (Татарский свод). Другой промышленно-нефтяной центр рассматриваемой нефтегазовой провинции, открытие которого датируется 1936-м годом, располагается в Самарской области (Жигулевско-Оренбургский свод) [3]. Месторождение имеет несколько меньшие размеры, чем Ромашкинское. В состав месторождения входит 6 нефтеносных областей, в пределах которых к 1990 г было открыто около 200 локальных месторождений.

На нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях рассматриваемой нефтегазовой провинции периодически возникают техногенные пожары и взрывы различной степени тяжести. Вблизи практически всех нефтепромыслов и НПЗ располагаются резервуарные парки, хранящие сырую нефть и товарную нефть. По данным [4] более 90 % всех зарегистрированных в России с начала XXI века пожаров и аварий на объектах хранения нефти и жидких нефтепродуктов произошло на вертикальных стальных нефтяных резервуарах (РВС). Статистические данные [5] свидетельствуют о следующем распределении количества пожаров по объектам: на резервуарах магистральных нефтепроводов – 10 %; на нефтепромыслах – 14 %; в резервуарах нефтеперерабатывающих предприятий – 27,7 %; на распределительных нефтебазах – 48,3 %.

Считается, что в целом нефти в Волго-Уральской провинции относятся к тяжелым, высоковязким, сернистым, однако их плотность может изменяться в пределах 0,80-> 0,96 г/см³, вязкость – от 10 мм²/с (маловязкие) до > 500 мм²/с – (сверхвязкие). При достаточно обширных сведениях о физических свойствах нефти Волго-Уральской нефтегазоносной провинции данные относительно ее пожароопасных свойств не столь широки.

Для нефти, добытой на нефтепромыслах Ромашкинского месторождения (1-3) и Самарской области (4) исследовали такие характеристики пожаровзрывоопасности как температура вспышки и давление насыщенных паров [6,7]. Скважины нефтепромыслов Ромашкинского месторождения располагались на расстоянии 20-40 км друг от друга, скважина Самарской области – в 130-150 км от них. Температуру вспышки определяли в открытом сосуде по ГОСТ 4333-2021. Давление насыщенных паров $P_{\text{нп}}$ определяли по ГОСТ 1756-2000 с использованием установки АПД-02 ($T = 37,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ или $100\text{ }^{\circ}\text{F}$). Время испытаний при определении $P_{\text{нп}}$ составляло 35-50 мин. За установившееся считали $P_{\text{нп}}$, не изменяющееся в течение 10-ти мин.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что для исследованных образцов нефти стационарное значение $P_{\text{нп}}$ устанавливается через 20-50 мин. после начала испытаний (рисунок), а само давление насыщенного пара изменяется в пределах 3,5-57,4 кПа (таблица). При этом место расположения скважины практически не влияет на величину $P_{\text{нп}}$. Для нефти, отобранной на скважине № 2 (Ромашкинское месторождение) и скважине № 4 (Самарская область) давление насыщенных паров практически одинаково. По величине $P_{\text{нп}}$ все исследованные образцы нефти близки к керосину (0,6-104 кПа) или дизельному топливу (0,1 - 104 кПа).

Температура вспышки для всех исследованных образцов нефти располагается в интервале 32,5-41 $^{\circ}\text{C}$. Это позволяет заключить, что вся исследованная нефть может быть квалифицирована как ЛВЖ (температура вспышки в открытом сосуде < 66 $^{\circ}\text{C}$. По указанному параметру вся исследованная нефть может быть отнесена к веществам, опасным при

повышенной температуре [8]. Близкие значения температуры вспышки в открытом сосуде характерны для товарных дизельных топлив.

Таким образом, результаты, полученные двумя независимыми методами, позволяют заключить, что вне зависимости от места расположения скважины и принадлежности к месторождению в пределах Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, исследованные образцы нефти относятся к ЛВЖ, опасным при повышенной температуре.

Таблица – Характеристики исследованных образцов нефти

№ скважины	Месторождение	Т вспышки, °С	Р _{нп} , кПа
1	Ромашкинское	32,5	57,4
2		41	27,6
3		39	3,5
4	Самарская область	40	28,1

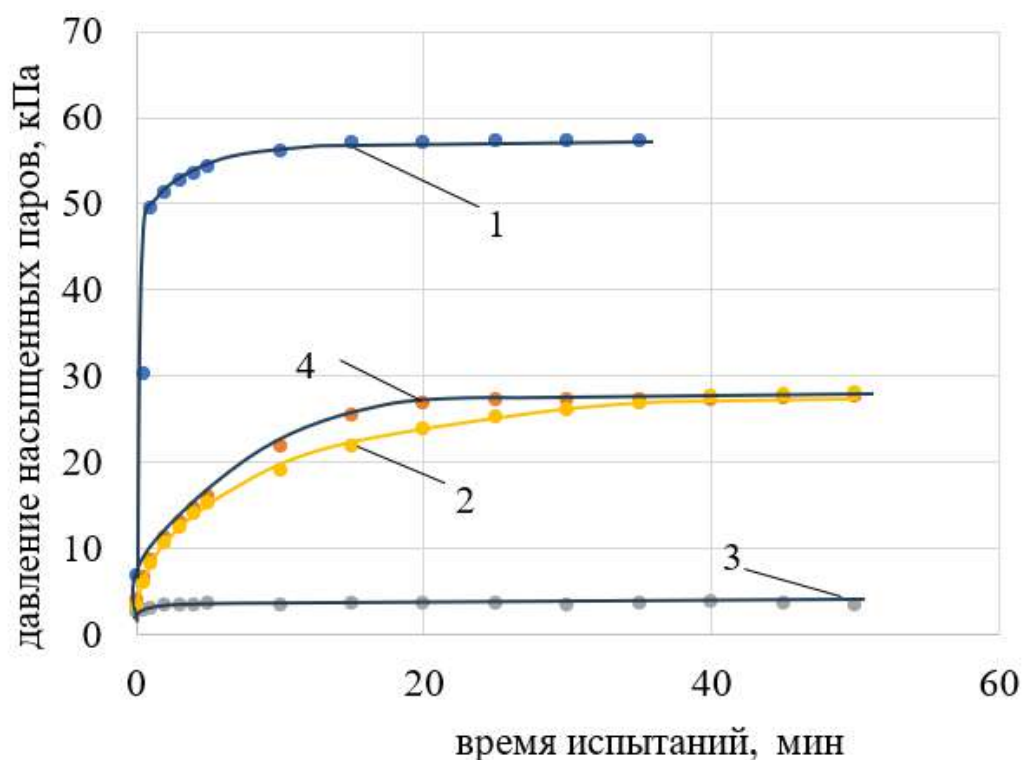


Рисунок – Давление насыщенных паров нефти из скважин Ромашкинского месторождения (1-3) и Самарской области (4)

Список источников

1. Макаревич В. Н., Искрицкая Н. И., Богословский С. А. Ресурсный потенциал тяжелых нефтей Российской Федерации: перспективы освоения. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. Т. 5, № 2. С. 1–3.
2. Максutow Р., Орлов Г., Осипов А. Освоение запасов высоковязких нефтей в России. // Технологии ТЭК. 2005. № 6. С. 36–40.
3. Давлетшина А. Д. Нефти Волго-Уральской нефтегазоносной провинции // URL: <https://moluch.ru/archive/137/38286>. (дата обращения 23.01.2026).
4. Ковязина О.С., Слепаков А.Н., Самойлов Д.Б., Семенов А.О. Статистика пожаров на объектах нефтегазовой отрасли в 2018–2019 годах в России и за рубежом // Надежность и долговечность машин и механизмов. Иваново. 2020. С. 195–199.

5. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2024 году. URL: https://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports (дата обращения: 31.08.2023)
6. Бегишев И.Р., Реформатская И.И., Ланин С.Н., Ащеулова И.И., Петрилин Д.А. Исследование температуры самовоспламенения от концентрации паров горючей жидкости // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2004. № 1. С. 14-22.
7. Муродзада С.С., Реформатская И.И., Ащеулова И.И., Грохотов М.А. Определение свойств нефти, хранимой в резервуарах Республики Таджикистан // Экологические проблемы XXI века: материалы XVII научно-практической конференции слушателей и молодых ученых. Москва, 2025. С.124-128.
8. Баратов А.Н. Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: в 2 кн. М.: Химия, 1990. 496 с.

Ирина Игоревна Реформатская

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (reformir@yandex.ru, SPIN 3686-4973, ID: 54466)

Ирина Ивановна Ащеулова

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (irina_ashcheulova@mail.ru, SPIN 6743-2477, ID: 47166)

Наталья Александровна Заседателева

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (natali.zas@icloud.com, SPIN 3686-4973, ID: 54466)

Игорь Николаевич Титоренко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (titorenko_1980@mail.ru, SPIN 9012-2249, ID: 1286233)

Михаил Андреевич Грохотов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (migrokhotov@yandex.ru, SPIN 6858-1530, ID: 876173)

Пожароопасные свойства отбензиненной нефти

Аннотация. Отбензиненная нефть, производимая Ачинским НПЗ, по температуре вспышки в открытом сосуде (по ГОСТ 4333-2021) может быть отнесена к легковоспламеняющимся жидкостям с преобладанием парафинистых соединений. Давление насыщенных паров (ГОСТ 1756-2000) составляет 7,3 кПа, что свидетельствует об удалении в процессе отбензинивания легких бензиновых фракций. Причиной взрыва, произошедшего в 2014 г. на ректификационной колонне первичной переработки нефти, было коррозионное разрушение. Это позволяет предположить, что в процессе первичной переработки нефти в получаемом продукте сохраняется сероводород, количество которого достаточно для протекания коррозионных процессов с высокой скоростью. Возможно, при таких условиях в процессе коррозии образуются пиррофорные коррозионные отложения, способствующие самовозгоранию продукта.

Ключевые слова: отбензиненная нефть, температура вспышки, давление насыщенных паров, пожары.

Irina I. Reformatskaya

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Irina I. Ashcheulova

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Nataly A. Zasedateleva

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Igor N. Titorenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Michael A. Grochotov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Fire danger of gasoline-free oil

Abstract. The gasoline-free oil produced by the Achinsk Oil Refinery has a flash point in an open vessel (according to GOST 4333-2021) and can be classified as a flammable liquid with a predominance of paraffinic compounds. The saturated vapor pressure (GOST 1756-2000) is 7.3 kPa, indicating that light gasoline fractions have been removed during the gasoline-free process. The

explosion that occurred in 2014 at the primary oil refining rectification column was caused by corrosion damage. This suggests that during the primary oil refining process, the resulting product contains sufficient amounts of hydrogen sulfide to cause rapid corrosion. Under these conditions, pyrophoric corrosion deposits may form, leading to spontaneous combustion of the product.

Keywords: refined oil, flash point, saturated vapor pressure, fires.

В настоящее время Россия входит в первую десятку стран по запасам нефти, сосредоточенных на таких крупнейших месторождениях как Самотлорское, Ромашкинское и Приобское – нефтеносность каждого из которых превышает 5 млрд. тонн [1, 2]. По уровню нефтедобычи Россия занимает третье место в мире после США и Саудовской Аравии, а по уровню экспорта нефти и нефтепродуктов является мировым лидером. Совокупность этих факторов обуславливает необходимость строительства и постоянного поддержания в рабочем состоянии нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий, а также коммуникаций, обеспечивающих не только добычу, но и транспортировку нефти как от районов ее добычи к потребителям, так и на самих предприятиях для осуществления различных циклов технологического процесса переработки сырья.

Высокая материалоемкость оборудования нефтегазовой промышленности и его сложность, обусловленная не только особенностями технологических процессов, но и свойства перерабатываемого сырья, приводят к тому, что на предприятиях периодически возникают аварийные ситуации, приводящие к пожарам, взрывам, экологическим катастрофам [3]. Большое количество отказов оборудования характерно для нефтедобывающего оборудования, промысловых нефтегазопроводов, нефтебаз и предприятий первичной переработки нефти. Подобные отказы, как правило (за исключением террористических актов), имеют техногенный характер [4] и часто происходят вследствие коррозионного разрушения оборудования и его отдельных элементов [5-8].

Первичным процессом переработки нефти и получения целевого продукта является отбензинивание. Технологический процесс предусматривает дистилляцию промысловой нефти с целью удаления газов и легких бензиновых фракций. Дистилляцию проводят в ректификационных колоннах (обычно на установках ЭЛОУ-АВ) при температурах 10-370 °C [9, 10]. Легкие фракции нефти, в том числе – бензиновые, выводятся через верхние элементы колонны, тяжелые – через нижние. Процесс не предусматривает четкого разделения бензиновых фракций, и его основное назначение – удаление растворенных в нефти газов.

Большая часть добываемой в России нефти относится к высокосернистой, что обусловлено длительным периодом эксплуатации месторождений, требующим с течением времени все большего обводнения нефтеносных горизонтов. Одним из относительно молодых российских месторождений является Западносибирское, введенное в эксплуатацию в 1960-м году, в 1965 г было открыто Самотлорское месторождение. Однако на сегодняшний день и добыча нефти на скважинах этого месторождения требует повышения пластового давления, в том числе и с применением газлифтной системы, что приводит к повышению серосодержания нефти.

Переработку нефти Западно-Сибирского региона осуществляет Ачинский нефтеперерабатывающий завод - единственное нефтеперерабатывающее предприятие Красноярского края. Поступающая на НПЗ нефть содержит 0,5-0,85 мас. % серы, что позволяет относить ее к малосернистой или сернистой. В июне 2014 г. На предприятии произошел взрыв, в результате которого погибло 8 человек. Возникло возгорание на площади 300 кв. м, взрыв разрушил ректификационную колонну первичной переработки нефти, работа НПЗ была приостановлена на несколько месяцев, нанесенный ущерб составил 440 млн руб. В результате расследования было установлено, что причиной взрыва послужило коррозионное разрушение трубопровода.

Исследовали пожароопасные свойства отбензиненной нефти Ачинского НПЗ. Определяли такие характеристики как температура вспышки в открытом сосуде и давление насыщенных паров. Температуру вспышки определяли по методике, максимально

приближенной к ГОСТ 4333-2021. Давление насыщенных паров определяли по ГОСТ 1756-2000 с использованием установки АПД-02 ($T = 37,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ или $100\text{ }^{\circ}\text{F}$). Согласно полученным данным, температура вспышки исследованной отбензиненной нефти в открытом сосуде составляет $62\text{ }^{\circ}\text{C}$, что позволяет отнести ее ЛВЖ – менее $66\text{ }^{\circ}\text{C}$ в открытом сосуде. Температура вспышки позволяет заключить, что в отбензиненной нефти превалируют парафинистые фракции.

Постоянное значение давления насыщенных паров устанавливается практически через 10 минут после начала испытаний и составляет 7,3 кПа. Такое давление свидетельствует о том, что в процессе отбензинивания из нефти была удалена большая часть легких бензиновых фракций. Однако с учетом выявленных причин взрыва, произошедшего в 2014 г., и обнаруженных пожароопасных характеристик исследованной отбензиненной нефти, можно предположить, что в процессе первичной переработки в получаемом продукте сохраняется сероводород в количестве, достаточном для протекания коррозионных процессов с высокой скоростью. Можно предположить и возможность образования пиррофорных коррозионных отложений, однако этот вопрос требует дополнительного исследования.

Список источников

1. Муродзада С.С, Реформатская И.И., Ащеулова И.И. (Таджикистан, Россия). Импорт нефтегазовой отрасли в республику Таджикистан и обеспечение пожарной безопасности на этом направлении // Системы безопасности - 2024: материалы тридцать второй международной научно-технической конференции. Часть 1. Академия ГПС МЧС России. 2024. С. 324-328.
2. Житинская А. Страны — лидеры по добыче и запасам нефти: список, какое место занимает Россия. URL: https://journal.sovcombank.ru/investitsii/strani--lideri-po-dobiche-i-zapasam-nefti-spisok-kakoe-mesto-zanimaet-rossiya#h_9382418081731741686430588. (дата обращения 11.01.2026).
3. Петрилин Д.А., Волков С.Ю., Реформатская И.И. Загрязнения окружающей среды от объектов нефтехимической промышленности // Экологические проблемы XXI века: материалы XV Научно-практической конференции слушателей и молодых ученых. Москва, 2023. С. 101-103.
4. Ивахнюк С. Г., Петрова Н. В., Плешаков В. В. Пожары и взрывы на объектах нефтепереработки и нефтепродуктообеспечения России в 2018–2022 гг. // Техносферная безопасность. 2024. № 1 (42). С. 90-102.
5. Реформатская И.И., Подобаев А.Н., Бегишев И.Р., Ащеулова И.И., Титоренко И.Н. Повышение пожаровзрывобезопасности нефтяных резервуаров путем использования коррозионно стойких конструкционных материалов при их строительстве и ремонте // Пожарная безопасность. 2025. № 3 (120). С. 20-27.
6. Реформатская И. И., Подобаев А.Н. Стойкость против питтинговой коррозии как критерий безопасности эксплуатации металлического оборудования // Безопасность Труда в Промышленности. 2024. № 4. С. 51- 55.
7. Петрилин Д.А., Туболев А.И. Влияние качества резервуарных сталей на пожаробезопасность вертикальных стальных резервуаров // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. 2023. № 12. С. 32-35.
8. Рудин М. Г., Сомов В.Е., Фомин А.С. Карманный справочник нефтепереработчика. Москва: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. 336 с.
9. Тимонин А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Калуга: Н. Бочкаревой. 2002. 1023 с.
10. Завьялов В.В. Проблемы эксплуатационной надежности трубопроводов на поздней стадии разработки месторождений. Москва: ВНИИОЭНГ, 2005. 331 с.

София Евгеньевна Глушко

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», Иваново, Россия (glushkosofia914@gmail.com, SPIN 9686-3490, ID:1312468)

Павел Вячеславович Чистов

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», Иваново, Россия (pchistov1982@mail.ru, SPIN 4746-1143, ID: 917001)

Геннадий Павлович Соколов

ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», Иваново, Россия (gennadiy.sokolov@inbox.ru, SPIN 5941-3027, ID: 916815)

Взрывы на объектах нефтеперерабатывающей промышленности. Проблемы и способы тушения

Аннотация. В данной статье рассматриваются взрывы на объектах нефтеперерабатывающей промышленности, а именно описывается понятие нефти, рассматриваются причины возникновения взрыва и его поражающие факторы, выявляются проблемы в виде особенностей и трудностей тушения пожаров на данных объектах и приводятся виды и способы тушения нефтяных фонтанов на нефтяных резервуарах с мерами предосторожностей при использовании огнетушащих веществ.

Ключевые слова: нефть, опасность, тушение пожаров, взрыв, ударная волна, особенности тушения, нефтяной фонтан, нефтяной резервуар, огнетушащее вещество

Sofia E. Glushko

Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Ivanovo, Russia

Pavel V. Chistov

Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Ivanovo, Russia

Gennady P. Sokolov

Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Ivanovo, Russia

Explosions at oil refining facilities. Problems and methods of extinguishing

Abstract. This article discusses explosions at oil refining facilities, namely, describes the concept of oil, examines the causes of an explosion and its damaging factors, identifies problems in the form of features and difficulties in extinguishing fires at these facilities, and provides types and methods of extinguishing oil fountains on oil tanks with precautions when using extinguishing agents.

Keywords: oil, danger, fire extinguishing, explosion, shock wave, extinguishing features, oil fountain, oil tank, extinguishing agent

Взрывы на объектах нефтеперерабатывающей промышленности

В современном мире к объектам нефтеперерабатывающей промышленности относятся нефтеперерабатывающие заводы.

Нефтеперерабатывающий завод (НПЗ) или нефтеперерабатывающее предприятие— промышленное предприятие, основной функцией которого является переработка нефти в бензин, авиационный керосин, мазут, дизельное топливо, смазочные масла, смазки, битумы, нефтяной кокс, сырьё для нефтехимии.

По данным на 2025 год в России насчитывается более 30 крупных НПЗ и около 80 мини НПЗ.

Для того чтобы определить значимость изучения и понимания вопроса опасности при взрывах на НПЗ изучим понятие нефти.

Нефть — природная маслянистая горючая жидкость тёмного цвета со специфическим запахом, образующаяся в результате разложения органических веществ.

Из-за присутствия в составе смеси углеводородов с различными соединениями (сернистыми, азотистыми, кислородными) нефть является легковоспламеняющейся жидкостью, которая несёт ряд факторов, повышающих опасность взрыва:

1) переход части нефти в парообразное состояние: в ёмкостях с не до конца заполненными объёмами, паровоздушные смеси способны воспламениться от небольшого источника зажигания;

2) повышение температуры: с увеличением температуры увеличивается количество образующихся паров, что может привести к превышению пределов взрываемости и, как следствие, к увеличению риска взрыва;

3) работа с нефтепродуктами в замкнутых пространствах: в таком случае накапливаются пары топлива, что может привести к достижению пределов взрываемости.

Тем самым опасность взрывов на объектах нефтеперерабатывающей промышленности связана с наличием большого количества легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, паров и газов, а также с особенностями технологических процессов и аппаратов.

Под взрывом на нефтеперерабатывающих предприятиях понимается явление, связанное с внезапным изменением состояния вещества, сопровождающимся резким звуковым эффектом и быстрым выделением энергии, приводящим к разогреву, движению и сжатию продуктов взрыва и окружающей среды.

По происхождению такие взрывы относятся к химическим объёмным взрывам и будут происходить за счёт технологического, физического и человеческого факторов:

1. при утечках жидкостей и газов вследствие нарушения целостности и герметичности сосудов, трубопроводов, насосов, реакторов;
2. выбросы нефти и газов при добыче, переработке на предприятии;
3. неправильные действия персонала при недостаточной подготовке;
4. воздействия природных катастроф;
5. умышленное повреждение и разрушение оборудования объектов.

При возникновении взрыва, опасность представляют также сопровождающиеся после него поражающие факторы: ударная волна, тепловая волна, опасные продукты взрывных реакций и пожаров. Самой опасной для человека и окружающей среды является ударная волна, которую рассмотрим подробнее.

Ударная волна при взрыве — это область резкого сжатия среды, которая распространяется во все стороны от центра взрыва со сверхзвуковой скоростью.

Механизм образования ударной волны

При взрыве высвобождается огромное количество энергии, что приводит к образованию раскалённых газов и паров под высоким давлением. Эти газы расширяются, сжимая окружающие слои среды и передавая им энергию. В результате формируется ударная волна, которая движется со скоростью, превышающей скорость звука в среде. В начальный момент ударная волна представляет собой тонкий слой сжатого вещества, за которым следует зона разрежения. По мере распространения волна затухает, превращаясь в акустическую (звуковую) на больших расстояниях.

В связи чем ударная волна приводит к разрушению зданий, травмам людей за счёт избыточного давления и скоростного напора.

Тушение пожаров на объектах нефтеперерабатывающей промышленности.

Одной из самых частых участков возникновения пожара является нефтяные резервуары, на которых сопровождается возгорание нефтяных фонтанов.

При ликвидации горения нефтяных фонтанов на пожарные подразделения возлагается:

- 1) обеспечение тепловой защиты людей;
- 2) орошение водой фонтана и металлоконструкций, территории вокруг фонтана;
- 3) ликвидация горения фонтана;
- 4) противопожарное обеспечение ликвидации аварийного фонтанирования.

При защите территории водяными струями выделяют две зоны:

- 1) первая – это территория и конструкции, на ней расположенные, контактирующие с пламенем;
- 2) вторая – это территория и конструкции, на ней расположенные, прилегающие к первой зоне на расстоянии 10–15 м.

Процесс подачи огнетушащих веществ (ОТВ) состоит из трех этапов:

1) первый этап – подготовка к ликвидации горения. Включает в себя охлаждение оборудования и техники, находящейся в зоне пожара, прилегающей территории, а также орошение факела фонтана;

2) второй этап – ликвидация горения фонтана, с одновременным продолжением операций, предусмотренных первым этапом; на этом этапе в зону пожара вводят силы и средства, осуществляющие ликвидацию горения фонтана, при этом лафетные стволы, введенные на первом этапе, продолжают свою работу до ликвидации горения.

3) третий этап – охлаждение устья скважины и орошение фонтана после ликвидации горения.

При тушении пожаров используют два вида подачи:

1. Подача газоводяных струй.

Газоводяные струи — это смесь отработанных газов турбореактивного двигателя и распылённой воды, которая используется для тушения пожаров, на нефтяных и газовых фонтанах, а также на технологических установках нефтеперерабатывающих и химических предприятий.

Сопло реактивного двигателя направляют на фонтан. За счёт высокой скорости выходящих из него отработавших газов происходит гидродинамический срыв пламени. Вода, подаваемая в струю отработавших газов, охлаждает фронт пламени.

Недостатки использования газоводяного тушения — малая дальность эффективного тушения (не более 15 м) и большие расходы огнетушащего вещества.

2. Подача огнетушащих порошков и воздушно-механической пены.

Главную роль в механизме тушения порошками играет ингибирование пламени. Порошки не обладают охлаждающим действием, поэтому после тушения пламени возможно повторное воспламенение горючего. Чтобы это предотвратить, целесообразно применять комбинированные методы тушения — сочетать подачу порошков с подачей пенных средств:

- 1) основное тушение пеной с дотушиванием порошком отдельных очагов горения;
- 2) основное тушение порошком небольших очагов горения, затем подача пены для предотвращения повторного воспламенения.

При подаче пены одновременно происходит разрушение пены от факела пламени и нагретой поверхности горючего. Накапливающийся слой пены экранирует часть поверхности горючего от лучистого теплового потока пламени, уменьшает количество паров, поступающих в зону горения, снижает интенсивность горения.

Также в процессе тушения в объёме горючего происходит конвективный теплообмен, в результате которого температура жидкости выравнивается по всему объёму, за исключением «карманов», в которых теплообмен происходит независимо от основной массы жидкости.

После прекращения подачи пены при полной ликвидации горения на всей поверхности горючей жидкости образуется устойчивый пенный слой толщиной до 10 см, который в течение 2–3 часов защищает поверхность горючей жидкости от повторного воспламенения.

При использовании порошков и пены необходимо соблюдать меры предосторожности:

1) использовать СИЗ — при тушении нефти и нефтепродуктов необходимо применять средства индивидуальной защиты.

2) не пытаться справиться с крупным возгоранием самостоятельно — при возникновении пожара нефтепродуктов необходимо немедленно вызывать профессиональные аварийные службы.

3) случаях, когда возможно повторное воспламенение горючего материала, установки должны иметь 100%-ный резервный запас огнетушащего порошка и рабочего газа, готовый к немедленному применению.

Трудности при тушении пожаров.

Тушение пожаров на нефтеперерабатывающих предприятиях сталкивается с трудностями из-за специфики объектов:

1. Охлаждение горящих и соседних резервуаров. Через 3–5 минут воздействия пламенем свободный борт резервуара теряет несущую способность, появляются деформации из-за прогрева конструкций. Если своевременно на охлаждение стенок горящего резервуара не подаётся вода с требуемой интенсивностью, через 20–25 минут стенка металлического резервуара выше уровня горячей жидкости деформируется, образуются «карманы».

2. Привлечение значительного количества личного состава оперативных подразделений. Это затрудняет ведение действий по тушению пожара на нескольких направлениях.

3. Осложнение манёвренности участников — работа в теплоотражательных костюмах и в средствах индивидуальной защиты органов дыхания повышает степень тяжести выполнения задач.

Список источников

1) Мочалова Т.А. Теория горения и взрыва (курс лекций): учебное пособие/ Т.А. Мочалова.- Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановский институт ГПС МЧС России, 2013.- 129 с.

2) Терехнев В. В. Пожарная тактика : Основы тушения пожаров : учеб. пособие / В. В. Терехнев, А. В. Подгрушный. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2012. – 322 с.

3) Мочалова Т.А., Сторонкина О.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учебное пособие. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – 145 с.

Николай Дмитриевич Демидов

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева», Санкт-Петербург, Россия (demidov.nd@mail.ru, SPIN 2014-5353, ID: 1327717)

Татьяна Викторовна Данилова

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева», Санкт-Петербург, Россия (daniлова.t@igps.ru, SPIN 9929-4632, ID: 831520)

Николай Владимирович Елфимов

ФГБОУ ВО «Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», Железногорск, Россия (nikolayelfimov@mail.ru, SPIN 7746-9320, ID: 800998)

Влияние углеродных наноструктур на термическую деструкцию эпоксидных огнезащитных покрытий на объектах с обращением криогенных жидкостей

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследований влияния углеродных наноструктур (астраленов) на адгезионную прочность и термическую стабильность эпоксидных огнезащитных вспучивающихся составов (ОВС), предназначенных для защиты стальных конструкций объектов криогенной инфраструктуры. Образцы модифицировались астраленами в концентрациях 0,5 и 1,0 об.%. Для каждой концентрации исследовались образцы в исходном состоянии и после криогенного воздействия (погружение в жидкий азот на 10 мин). Методом нормального отрыва определена адгезионная прочность покрытий к стальной подложке марки Ст3. Методом термогравиметрического анализа (ТГА) установлена остаточная масса коксового остатка при температуре 800 °С. Показано, что введение 0,5 об.% астраленов обеспечивает максимальный выход коксового остатка (47% — исходный, 32% — после криогена), а концентрация 1,0 об.% дает наибольшую адгезионную прочность (7,65 МПа — исходный, 5,6 МПа — после криогена).

Ключевые слова: огнезащитные покрытия, эпоксидные смолы, углеродные наноструктуры, астралены, адгезия, термическая деструкция, коксовый остаток, криогенные жидкости, криогенное воздействие

Nikolay D. Demidov

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia named after Hero of the Russian Federation Army General E.N. Zinichev, Saint-Petersburg, Russia

Tatiana V. Danilova

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia named after Hero of the Russian Federation Army General E.N. Zinichev, Saint-Petersburg, Russia

Nikolay V. Elfimov

Siberian Fire and Rescue Academy of EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

Influence of carbon nanostructures on the thermal destruction of epoxy fire-retardant coatings at facilities with cryogenic liquids handling

Abstract. The article presents the results of experimental studies on the effect of carbon nanostructures (astralenes) on the adhesive strength and thermal stability of epoxy intumescent fire-retardant compositions (FRCs) designed to protect steel structures of cryogenic infrastructure facilities. The samples were modified with astralenes at concentrations of 0.5 and 1.0 vol.%. For each concentration, samples were studied in the initial state and after cryogenic exposure (immersion in liquid nitrogen for 10 min). The adhesive strength of the coatings to a St3 steel substrate was

determined by the pull-off method. The residual mass of the coke residue at a temperature of 800 °C was determined by thermogravimetric analysis (TGA). It is shown that the introduction of 0.5 vol.% astralenes provides the maximum yield of coke residue (47% — initial, 32% — after cryogen), and a concentration of 1.0 vol.% gives the highest adhesive strength (7.65 MPa — initial, 5.6 MPa — after cryogen).

Keywords: fire-retardant coatings, epoxy resins, carbon nanostructures, astralenes, adhesion, thermal destruction, coke residue, cryogenic liquids, cryogenic exposure.

Развитие инфраструктуры по производству и транспортировке сжиженного природного газа, а также использование криогенных жидкостей (жидкий азот, кислород, водород) в различных отраслях промышленности требует обеспечения надежной огнезащиты несущих металлических конструкций⁷. Эпоксидные вспучивающиеся составы (ОВС) являются одним из основных средств пассивной огнезащиты стальных конструкций благодаря хорошей адгезии к металлу и способности к коксообразованию при высокотемпературном нагреве [1]. Однако экстремальные температурные воздействия, включая криогенное охлаждение, могут приводить к снижению эксплуатационных характеристик полимерных покрытий. Перспективным направлением повышения стойкости ОВС является их модификация углеродными наноструктурами, способными выполнять функцию армирующего агента на границе раздела фаз [2]. Целью настоящей работы являлось исследование влияния концентрации углеродных наноструктур (астраленов) на адгезионную прочность и термическую стабильность эпоксидного ОВС в исходном состоянии и после криогенного воздействия.

В качестве объекта исследования использован серийный эпоксидный ОВС «ТЕРМОБАРЬЕР-2» (производство ООО НПК «ОгнеХимЗащита»). Модификация состава осуществлялась путем введения углеродных наноструктур типа «астрален» в отвердитель с последующим ультразвуковым диспергированием (частота 100 кГц, продолжительность 15 мин, температура 40 °C). Приготовлены три состава с концентрацией астраленов: 0 (контрольный), 0,5 и 1,0 об.%.

Образцы для испытаний представляли собой стальные пластины из стали марки Ст3 размером 100×50×6 мм с нанесенным покрытием. Толщина сухого слоя составляла 1,8–2,0 мм. Для моделирования аварийного воздействия половина образцов после полной полимеризации подвергалась криогенной обработке путем полного погружения в жидкий азот (температура – 196 °C) на 10 минут с последующим естественным оттаиванием на воздухе в течение 2 часов.

Для оценки адгезионной прочности применялся метод нормального отрыва в соответствии с ГОСТ 32299-2013⁸. Измерения проводились для трех образцов каждой концентрации (как исходных, так и прошедших криогенную обработку) с последующим вычислением среднего арифметического значения.

Исследование термической стабильности выполнялось методом термогравиметрического анализа (ТГА) на синхронном термоанализаторе STA 449 F3 Jupiter (Netzsch). Нагрев образцов массой 10–15 мг осуществлялся в платиновых тиглях в воздушной среде со скоростью 10 °C/мин в диапазоне температур 50–800 °C. Фиксировалась остаточная масса образца (коксовый остаток) при 800 °C.

В результате проведенных экспериментов получены данные, характеризующие изменение адгезионной прочности и коксового остатка исследуемых образцов в зависимости от концентрации астраленов и факта криогенного воздействия.

⁷ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2024 г. № 4146-р «Об утверждении развития Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 г. С прогнозом до 2036 г.».

⁸ ГОСТ 32299-2013 (ISO 4624:2002). Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом отрыва. — М.: Стандартинформ, 2014. — 18 с.

Таблица – Термические характеристики покрытий

Состояние образца	Концентрация астраленов, об. %	Адгезионная прочность, МПа	Коксовый остаток при 800 °С, %
Исходный	0	6,10	31
Исходный	0,5	7,00	47
Исходный	1,0	7,65	39
После криогена	0	4,20	21
После криогена	0,5	5,10	32
После криогена	1,0	5,60	27



Рисунок – Зависимость адгезионной прочности и выхода коксового остатка от концентрации астраленов: 1-Образец 0 % без крио., 2-Образец 0,5 % без крио., 3-Образец 1 % без крио., 4-Образец 0 % после крио., 5-Образец 0,5 % после крио., 6-Образец 1 % после крио

Анализ экспериментальных данных, представленных в таблице, показывает, что введение астраленов в эпоксидную матрицу приводит к повышению адгезионной прочности покрытия. Для исходного состава с концентрацией астраленов 0,5 об. % адгезионная прочность увеличилась на 14,8% по сравнению с контрольным образцом, составив 7,0 МПа.

Увеличение концентрации модификатора до 1,0 об. % позволило достичь значения адгезионной прочности 7,65 МПа, что на 25,4% выше, чем у немодифицированного состава. Наблюдаемый эффект может быть обусловлен формированием армирующей структуры наночастицами в приповерхностном слое полимера и на границе раздела с металлической подложкой, что способствует усилению межфазных взаимодействий [3].

После криогенного воздействия адгезионная прочность всех образцов закономерно снижается вследствие возникновения внутренних напряжений в полимерной матрице при резком перепаде температур. Однако модифицированные составы демонстрируют существенно меньшую степень деградации. Для образца с 1,0 об. % астраленов после криогена адгезионная прочность составила 5,6 МПа, что на 33,3% выше, чем у обработанного немодифицированного состава (4,2 МПа). Это свидетельствует о повышении устойчивости модифицированных покрытий к термоударным нагрузкам.

Результаты термогравиметрического анализа демонстрируют существенное влияние наноструктур на процесс термической деструкции. Наибольший выход коксового остатка среди исходных образцов зафиксирован для концентрации астраленов 0,5 об. % (47%), что на 51,6% (отн.) превышает показатель немодифицированного состава (31%). Данный факт свидетельствует об интенсификации процессов карбонизации полимерной матрицы при нагреве и формировании более термостабильного защитного слоя пенококса. При увеличении

концентрации астраленов до 1,0 об.% остаточная масса снижается до 39%, оставаясь при этом на 25,8% (отн.) выше контрольных значений. Вероятной причиной снижения эффективности при высоких концентрациях может являться частичная агломерация наночастиц, что снижает равномерность их распределения в объеме полимера [2].

После криогенного воздействия наблюдается снижение коксового остатка для всех составов. Для образца с 0,5 об.% астраленов значение остаточной массы составило 32%, что на 52,4% (отн.) выше, чем у обработанного контрольного образца (21%). Модифицированный состав с 1,0 об.% астраленов показал результат 27%, превышающий контроль на 28,6% (отн.). Полученные зависимости позволяют определить оптимальный диапазон концентраций астраленов, обеспечивающий комплексное улучшение эксплуатационных свойств огнезащитного покрытия.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что модификация эпоксидного огнезащитного состава углеродными наноструктурами (астраленами) приводит к повышению его эксплуатационных характеристик, как в исходном состоянии, так и после криогенного воздействия. Наибольший эффект по показателю термической стабильности достигается при концентрации астраленов 0,5 об.%, обеспечивающей увеличение выхода коксового остатка на 51,6% (отн.) для исходных образцов и на 52,4% (отн.) для образцов после криогена. Максимальная адгезионная прочность зафиксирована при концентрации 1,0 об.:% увеличение на 25,4% (отн.) для исходных образцов и на 33,3% (отн.) для прошедших криогенную обработку. Полученные результаты подтверждают перспективность применения наномодифицированных эпоксидных составов для огнезащиты стальных конструкций, эксплуатирующихся в условиях воздействия криогенных жидкостей и последующего высокотемпературного нагрева.

Список источников

1. Павлович А. В., Дринберг А. С., Машляковский Л. Н. Огнезащитные вспучивающиеся лакокрасочные покрытия. — М.: ЛКМ-пресс, 2018. — 488 с.
2. Иванов А. В., Столяров С. О., Дементьев Ф. А., Фेरелев А. П. Исследование эксплуатационных характеристик огнезащитных покрытий на основе эпоксидных смол, модифицированных астраленами // Пожаровзрывобезопасность. — 2020. — Т. 29, № 1. — С. 55-68. — DOI: 10.18322/PVB.2020.29.01.55-68.
3. Гуняев Г. М., Ильченко С. Н., Алексахин В. М. и др. Углеродные наночастицы, структурные модификаторы и упрочнители полимеров и полимерных композитов // Авиационные материалы и технологии. — 2004. — № 2. — С. 36–54.

УДК 662
ББК 35.115

Алексей Павлович Шевченко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (z4sbudavr@mail.ru, SPIN 9453-6914, ID: 1248530)

Александр Андреевич Комаров

«Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), Москва, Россия (KomarovAA@mgsu.ru, SPIN 1063-8262, ID: 155673)

Роман Юрьевич Петров

«Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия, (j.r.holden12rus@yandex.ru, SPIN 1881-9609, ID: 1296438)

Проблемы экспериментального определения видимой скорости пламени при внутреннем взрыве паровоздушной смеси сложных углеводородов

Аннотация. В статье поднимается актуальный вопрос фиксирования видимой скорости пламени при испытаниях взрывоопасных паровоздушных смесей в замкнутых или частично замкнутых объемах. Отражены сложности в части проведения экспериментов, поставлена гипотеза зависимости некоторых физико-химических параметров взрывоопасной паровоздушной смеси, друг от друга.

Ключевые слова: видимая скорость пламени, внутренний взрыв, паровоздушная смесь, частично замкнутый объем, теплота сгорания.

Alexey P. Shevchenko

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia", Moscow, Russia

Alexander A. Komarov "National Research Moscow State University of Civil Engineering" (NRU MGSU), Moscow, Russia

Roman Y. Petrov "Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia", Moscow, Russia

Problems of experimental determination of the apparent flame velocity during an internal explosion of a vapor-air mixture of complex hydrocarbons

Abstract. The article raises the urgent issue of fixing the apparent flame velocity when testing explosive vapor-air mixtures in closed or partially closed volumes. The difficulties in conducting experiments are reflected, and the hypothesis of the dependence of some physico-chemical parameters of an explosive vapor-air mixture on each other is put forward.

Keywords: visible flame velocity, internal explosion, vapor-air mixture, partially enclosed volume, heat of combustion.

Одной из приоритетных задач в области взрывоустойчивости и взрывозащиты объектов производственного назначения является корректное определение взрывных нагрузок, возникающих при внутренних взрывах, здесь имеются в виду дефлаграционные взрывы, возникающие внутри зданий при условии возникновения в них взрывоопасных паровоздушных смесей, такие здания представляют собой частично замкнутый объем со своими конструктивными особенностями и производством для которого в частности используются смеси сложных углеводородов.

Внутренний дефлаграционный взрыв – взрыв, произошедший внутри здания, характеризуется дозвуковой скоростью распространения пламени. Фронт пламени является

проницаемым поршнем, создающим при своем движении впереди себя волну сжатия, избыточное давление в которой увеличивается от фронта волны к фронту пламени. Фронт волны сжатия распространяется со скоростью звука. Скорость распространения фронта пламени дефлаграционного взрыва зависит от большого числа факторов (нормальной скорости горения, интенсивности инициирования горения, турбулизации горючей смеси перед фронтом пламени, массы горючей смеси, формы облака горючей смеси, распределением концентрации горючей компоненты в смеси, от места воспламенения) [1].

Понимание того, что скорость распространения фронта пламени (видимая скорость пламени рис.1) дефлаграционного взрыва, является одним из ключевых параметров при определении взрывных нагрузок (избыточного давления) возникающих в здании при внутреннем взрыве, ставит в приоритет задачу определения этой скорости.



Рисунок – Видимая скорость пламени с шагом 0,02 с.

Однако, если в экспериментальных установках можно зафиксировать видимую скорость пламени получив паровоздушную смесь легковоспламеняющейся жидкости (ЛВЖ), то при использовании горючих жидкостей (ГЖ) (трансформаторное масло (ТМ), масляные теплоносители и т.д.) у которых температура вспышки выше $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, появляются проблемы с получением паровоздушной смеси и инициацией взрыва в ходе эксперимента. К примеру, при моделировании сценария аварийного взрыва паровоздушной смеси ТМ, в специализированном здании объекта энергетики, обычной искры будет недостаточно, необходимо выделение огромного количества энергии (мДж) за очень короткий промежуток времени (0,05 с), нужна так называемая дуга разряда (ДР), чтобы масло сформировало взрывоопасную паровоздушную смесь и также энергия инициировала взрыв, данное явление описывается в работе [2].

В случае описанном выше можно прибегнуть к верификации и методу подобия для того, чтобы определить видимую скорость пламени ТМ, взяв для верификации смесь легких углеводороды, например бензин. По своим физико-химическим свойствам скорость пламени во взрыве паровоздушной смеси бензина будет выше, чем у ТМ (за счет легких фракций, менее сложных химических цепей, скорости диффузии и турбулизации), данные аспекты отражающие суть физико-химических свойств паровоздушных смесей влияющих на скорость пламени частично отражены в работе [3,4], на это можно опереться в случае определения наихудшего сценария развития аварийного взрыва паровоздушной смеси ТМ. Паровоздушная смесь ТМ инициируется от ДР не хуже, чем паровоздушная смесь бензина от обычной искры.

В ходе верификации аварийного взрыва паровоздушной смеси ТМ, при помощи эксперимента на паровоздушной смеси бензина, было замечено, что чем больше значение теплоты сгорания вещества, тем выше видимая скорость пламени во взрыве. Но этот параметр все-таки не полностью отражает подход к данному наблюдению, а скорее всего указывает на часть уравнения теплового баланса, в котором количество тепла выделившегося (в единицу времени) при сгорании определенного количества заданного топлива, является произведением расчетного расхода топлива на его удельную теплоту сгорания [5]. Влияет ли в итоге такой параметр как тепловая мощность, а соответственно и теплота сгорания, на скорость пламени во взрыве точно сказать нельзя, пока не проведены ряд экспериментов, которые будут удовлетворять сходимость с теоретическими измышлениями на этот счет. Если данная теория подтвердится, то это в будущем позволит определять видимую скорость пламени во взрыве

паровоздушных смесей сложных углеводородов, не прибегая к опасным экспериментам и значительным финансовым затратам.

Список источников

1. Хуснутдинов Д.З., Мишуев А.В., Казенов В.В., Комаров А.А., Громов Н.В. Аварийные взрывы газоздушных смесей в атмосфере: монография/ Д.З. Хуснутдинов [и др.] ; М-во образования и науки Росс. Федерации. Моск. гос. строит. ун-т. Москва: МГСУ, 2014. 80 с.
2. Дарьян Л.А., Козлов А.В., Котов А.В. и др. Дуговой разряд в минеральном и органическом масле // Известия КБГУ. 2014 . Т. IV. № 3. с. 92.
3. Hangwei Wan, Yuquan Wen, Qi Zhang Explosion behaviors of vapor–liquid propylene oxide/air mixture under high-temperature source ignition // Fuel Volume 331, Part 1, 1 January 2023, 125815.
4. N. Alam, K. K. Sharma, K. M. Pandey Влияние состава горючей смеси на характеристики импульсного детонационного двигателя //Физика горения и взрыва, 2019, т. 55, N- 6.
5. Белоусов В.Н., Смородин С.Н., Цимбал В.Д. Топливо и процессы горения в теплоэнергетических установках. Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095, Санкт-Петербург 2020 Ч.2 151 с.

Татьяна Анатольевна Кулагина

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия (tak.sfu@gmail.com)
SPIN 1259-5202, ID: 740715)

Тамара Афанасьевна Енютина

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия
(tamara.taiga@yandex.ru, SPIN 4631-6354, ID: 625578)

Евгений Михайлович Щеглов

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия (escheglov@sfu-kras.ru, SPIN 8393-8085, ID: 236024)

Светлана Георгиевна Марченкова

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия (mart293@inbox.ru, SPIN 1178-5925, ID: 748375)

Защитная куртка пожарного

Аннотация. Материал статьи относится к области эксплуатации боевой одежды пожарных в условиях чрезвычайных ситуаций, в частности, при работе в области воздействия продуктов взрыва и поражающих элементов. Представлен краткий обзор ряда бронезащитных устройств. Приводится описание бронезащитной куртки пожарного, предназначенной для защиты абдоминальной части тела. Конструкция выполнена на базе многослойной куртки боевой одежды пожарных с отстегивающейся теплоизоляционной подкладкой и с центральной застежкой, при этом бронезащитные элементы представляют собой тканевую кассету с пластинами из титана. Изделие отличается простотой конструктивного усовершенствования стандартной многослойной куртки боевой одежды пожарного.

Ключевые слова: куртка пожарного, взрывы, поражающие элементы, бронезащитные элементы, тканевая кассета, пластины из титана

Tatiana A. Kulagina

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Tamara A. Yenyutina

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Evgeny M. Shcheglov

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Svetlana G. Marchenkova

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Firefighter's Protective Jacket

Abstract. The material of the article refers to the field of operation of combat clothing of firefighters in emergency situations, in particular, when working in the field of exposure to explosion products and damaging elements. A brief overview of a number of armored devices is presented. A description of a firefighter's armored jacket designed to protect the abdominal part of the body is given. The design is based on a multi-layered jacket of combat clothing of firefighters with a detachable thermal insulation lining and a central fastener, while the armored elements are a fabric cassette with titanium plates. The product features a simple design improvement of the standard multi-layered firefighter combat jacket

Keywords: firefighter jacket, explosions, damaging elements, armor-protective elements, fabric cassette, titanium plates.

Защитная куртка пожарного является одним из основных элементов обеспечения безопасных условий труда и должна гарантировать необходимый уровень тепловой защиты, механической прочности, водонепроницаемости, эргономики при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ (АСР). При этом совершенствование боевой одежды пожарного (БОП) должно включать постоянное улучшение ключевых характеристик и защиту от непрогнозируемых механических воздействий – баллистического и динамического характера. Очевидно, что выполнение профессиональных задач сотрудниками пожарной охраны в современных реалиях тесно связано с требованиями безопасности в непростых условиях, например, при работе в области воздействия продуктов взрыва и поражающих элементов.

В процессе проведения аварийно-спасательных работ, особенно при наличии взрывчатых материалов, баллонов с сжатым или сниженным газом, последствия взрыва и разлетающиеся поражающие элементы оказывают на сотрудников пожарной охраны механические воздействия баллистического и динамического характера. Для защиты от поражения взрывной волной, осколками и обломками разлетающихся конструкций могут применяться специализированные бронешиты и различного рода укрытия (обваловки, капониры, тоннели).

Наиболее опасными являются ситуации при выполнении АСР в условиях обстрелов. Так, по данным информационных агентств, в Донецкой Народной Республике главной причиной ранения сотрудников МЧС России становились повторные обстрелы пожарных в которых пострадало с 2014 по 2024 год порядка 198 человек (редакция ТАСС, 11 июля 2024, 16:35).

Конечно, для защиты можно применять стандартные военные бронезащитные жилеты, но они малоэффективны при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, хотя в отсутствие альтернативы могут служить единственно возможным средством защиты. Таким образом, для условий воздействия поражающих элементов при взрывах или обстрелах для пожарных должна быть разработана специализированная бронезащита.

Очевидно, что разработка новых конструктивных решений в области обеспечения безопасности является актуальной задачей. Ниже представлены краткие сведения о некоторых работах, посвящённых защите как отдельных объектов, так и сотрудников МЧС.

Для защиты объектов в [1] предлагается конструкция с броневой и внутренней защитой подвижных и стационарных бронеобъектов при сокращении количества слоёв энергопоглощающего материала и сохранении заданного уровня снижения запреградного ущерба. Или в [2] приведена броневая конструкция для камер специального назначения, предназначенных для размещения взрывоопасных материалов и изделий. В обстоятельной статье [3] выполнен анализ данных по случаям посягательства на банкоматы с использованием сжиженного углеводородного газа (СУГ), взрыв которого приводит к разрушению объекта. Авторы предлагают к использованию новое комбинированное устройство, позволяющее выявить наличие взрывоопасной концентрации СУГ в непосредственной близости к банкомату, в частности, к нижнему кабинету банкомата, с сопровождением звукового сигнала и с передачей информации на пульт централизованной охраны.

Для защиты пожарных в [4] предложен костюм боевой одежды спасателей, имеющий жилет с тканевой подкладкой, соединенной с защитной оболочкой. В свою очередь, защитная оболочка жилета содержит слои наружной оболочки из арамидной ткани, пропитанной полимерным связующим, а также твердосплавные криволинейные или плоскостепенные вставки и слои внутренней оболочки, аналогичные наружным. Вставки выполнены из элементарных ячеек, скрепленных между собой и с оболочками клеем. В конструкции [5] для дополнительной локальной противоосколочной защиты жизненно важных органов в области брюшной полости и грудной клетки используется бронепанель, которая надевается поверх куртки на лямках. В (6) авторы выполнили сравнительный анализ бронежилетов скрытого ношения производства различных фирм-производителей, который позволил выявить наиболее эффективные элементы устройства и разработать модель бронежилета скрытого ношения.

Учитывая проблемы с применением бронезащитных устройств, которые должны надеваться под защитную куртку или поверх защитной куртки предложена конструкция [7], в которой предусмотрена возможность встройки бронезащитного элемента в защитную куртку пожарного без существенных изменений конструкции одежды. Противоосколочный элемент предусматривается разместить в дополнительный конструкционный карман, защищающий абдоминальную часть тела пожарного-спасателя. На рисунке 1 схематично представлена бронезащитная куртка - 1 с дополнительным конструкционным элементом в левой передней части куртки – 2, где в карманах размещены бронезащитные элементы.

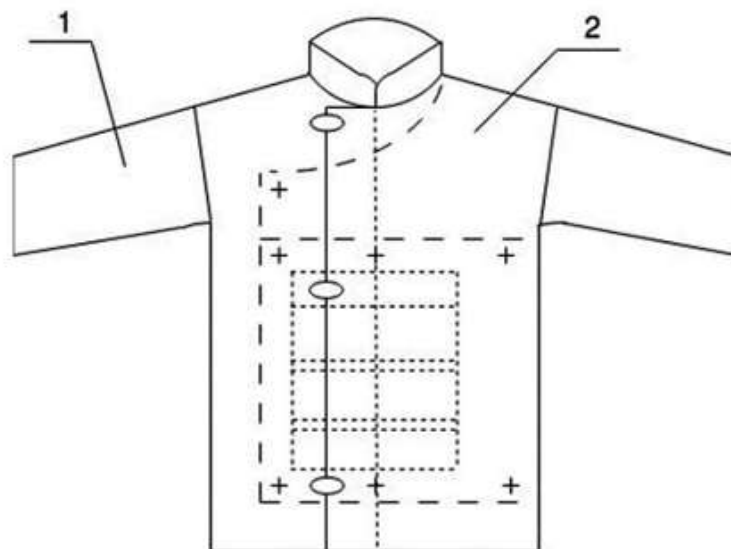


Рисунок 1 – Схема куртки: 1 - бронезащитная куртка; 2 - левая передняя часть куртки

Куртка содержит дополнительный конструкционный слой в левой передней части куртки 2, а именно, бронезащитный элемент – тканевую кассету 3, обращенную к области живота и предназначенную для защиты абдоминальной части тела человека от механических воздействий (рис. 2).

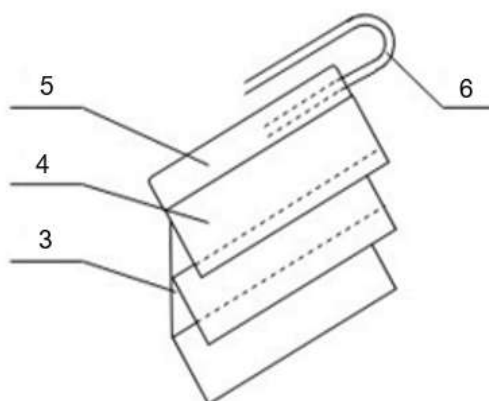


Рисунок 2 – Тканевая кассета с титановыми бронезэлементами: 3 – тканевая кассета; 4 – пластины из титана; 5 – горизонтальные складки; 6 - U-образная скоба

Тканевая кассета 3 устанавливается в карман из двух слоев арамидной ткани со складкой сверху и открытый со стороны вертикальной кромки несущей полочки. Первое пространство между внутренней поверхностью несущей полочки и прилегающим слоем кармана предназначено для установки в нем тканевой кассеты, выполненной из отрезка арамидной ткани, на котором прошиты горизонтальные складки с возможностью вложения в них пластин из титана, причем складки сшиты таким образом, чтобы при вертикальном

расположении кассеты титановые пластины перекрывали друг друга внахлест не менее, чем на один сантиметр. Второе пространство между двумя слоями кармана предназначено для установки сетчатой пластины из нержавеющей стали, имеющей такие же размеры, как у кассеты (не показано).

Кассета 3 является съемным бронезащитным элементом, и вне использования в куртке 1 она может быть компактно сложена зигзагом. Оптимальными размерами пластин из титана являются: длина 35-40 (см), ширина 8-10 (см), толщина 0,1-0,3 (см), а оптимальное количество пластин 3-4 (шт.).

Куртка 1 боевой одежды пожарного, оснащенная защитой абдоминальной части тела человека от механических воздействий, используется следующим образом. При подготовке сотрудника МЧС к выполнению специальных работ в случае угрозы механических воздействий устанавливается кассета 3, и с помощью U-образной пластиковой скобы 6 кассета закрепляется в кармане, при этом оба конца U-образной скобы 6 помещаются в складки. После завершения работы кассету 3 и сетчатую пластину вынимают из кармана для хранения в отведённом месте, и куртка 1 БОП далее может использоваться по прямому назначению при отсутствии угрозы механических воздействий.

Подобная конструкция позволяет в процессе эксплуатации менять элемент бронезащиты с титановой плиты на керамику или кевлар, а также изменять толщину защитных элементов и тем самым подбирая необходимый уровень защиты.

Защитная куртка при использовании бронезащитных элементов выполняет как свои предназначенные функции, так и ограждает наиболее уязвимую часть тела человека от взрывной волны и поражающих элементов и осколков. Система защиты имеет простое конструктивное исполнение, небольшую массу и практически не ограничивает подвижность пожарного при выполнении АСР.

Список источников

1. Антиосколочная и антирикошетная защита. Патент РФ № 2665423 С1, дата приоритета 09.02.2017, дата публикации 29.08.2018, автор Свищёв А.А., RU.
2. Устройство защиты от кумулятивной струи и осколков взрыва. Патент РФ № 2652323 С1, дата приоритета 30.01.2017, дата публикации 25.04.2018, авторы Липатников М.А., Гордеев И.Н., Степанов А.С., Мухаметшин Р.С., Беляков В.И., Симонов А.Ю. RU.
3. Гудков М.А., Гапеев А.А., Комраков П.В., Калков Д.Ю., Шмырёва М.Б. Способ обеспечения взрывобезопасности банковских устройств самообслуживания при использовании злоумышленниками пропан-бутановой смеси.- Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник» № 2 (33) – 2024, стр. 184 – 193.
4. Костюм боевой одежды спасателей, действующих в условиях горящих объектов при наличии летящих и падающих предметов разрушающегося объекта. Патент РФ № 2516842 С2, дата приоритета 21.08.2012, дата публикации 20.05.2014, авторы: Любов Э. Н., Кочетов О.С. и др., RU.
5. Боевая одежда пожарного-спасателя для комплексной защиты от опасных факторов пожара, баллистических и динамических воздействий. Патент РФ № 2640991 С1, дата приоритета 14.07.2016, дата публикации 12.01.2018, авторы: Харченко Е.Ф. и др., RU
6. Алахова С.С., Бодяло Н.Н., Шавнева О.В. Конструктивное решение модели бронезилета скрытого ношения // Журнал «Материалы и технологии», 2021, №1 (7), стр. 9–14.
7. Бронезащитная куртка боевой одежды пожарного-спасателя Патент РФ № 2 851 740(13) С1, дата приоритета 18.04.2025, дата публикации 28.11.2025 Бюл. № 34 авторы Гафуров М.М., Енютина Т.А., Кулагина Т.В., Гилёк С.А., Кулагина Т.А., Марченкова С.Г., Гадалов Д.И.

УДК 614.842.6
ББК 30в6

Павел Александрович Стрижак

ФГАОУ ВО “Национальный исследовательский Томский политехнический университет”,
Томск, Россия (pavelspa@tpu.ru, SPIN 1134-8243, ID: 544450)

Светлана Сергеевна Кропотова

ФГАОУ ВО “Национальный исследовательский Томский политехнический университет”,
Томск, Россия (ssk22@tpu.ru, SPIN 9246-5083, ID: 1171693)

Шамиль Ринатович Кудашев

Индивидуальный предприниматель, Москва, Россия (cpg@live.ru)

Денис Николаевич Фандей

ООО «БИОЭН Нефтепродукт», Красногорск, Россия (info@bioennp.ru)

Определение предельных условий зажигания образцов битума

Аннотация. В статье представлены оценка риска возгорания объектов хранения высоковязких углеводородов и разработка соответствующих методик по их противопожарной защите. Такие возгорания сопровождаются разливами и интенсивным горением в резервуарах и представляют серьезную опасность. Проведены экспериментальные исследования по определению предельных температур зажигания жидких углеводородов на примере битума, а также образцов теплоизоляции при воспроизведении условий разлива слоя разогретого битума на стенку резервуара и на слой теплоизоляции. Межсезонное хранение битума является важным условием дальнейшего развития дорожного строительства в Российской Федерации.

Ключевые слова: противопожарная защита, хранение высоковязких углеводородов, теплоизоляция, резервуары хранения, разогретый до жидкого состояния битум, условия зажигания

Pavel A. Strizhak

FGAOU VO “National Research Tomsk Polytechnic University”, Tomsk, Russia

Svetlana S. Kropotova

FGAOU VO “National Research Tomsk Polytechnic University”, Tomsk, Russia

Shamil R. Kudashev

Individual entrepreneur, Moscow, Russia

Denis N. Fandey

LLC “BIOEN Nefteprodukt”, Krasnogorsk, Russia

Determination of the limiting conditions to cause ignition of bitumen samples

Abstract. This article presents an assessment of the fire risk of high-viscosity hydrocarbon storage facilities and the development of appropriate fire protection methods. Such fires are accompanied by spills and intense combustion in tanks and pose a serious hazard. Experimental studies were conducted to determine the maximum ignition temperatures of liquid hydrocarbons using bitumen as an example, as well as thermal insulation samples, simulating the conditions of a heated bitumen spill on the tank wall and the thermal insulation layer. Interseasonal storage of bitumen is an important prerequisite for the further development of road construction in the Russian Federation.

Keywords: fire protection, storage of high-viscosity hydrocarbons, thermal insulation, storage tanks, liquid bitumen, ignition conditions

Согласно статистике возгораний на производственных объектах, особую угрозу для окружающей среды и безопасности персонала представляют пожары на хранилищах

резервуаров с высоковязкими углеводородами [1–3]. Такие возгорания сопровождаются разливами и интенсивным горением в резервуарах и представляют серьезную опасность как для промышленных объектов, так и для складских и производственных помещений. Оценка риска и разработка соответствующих методик по противопожарной защите требуют достоверного понимания предельных условий воспламенения углеводородов в резервуаре. Проведены экспериментальные исследования по определению предельных температур зажигания жидких углеводородов на примере битума, а также образцов теплоизоляции при воспроизведении условий разлива слоя разогретого битума на стенку резервуара и на слой теплоизоляции. Эксперименты проведены в два этапа: (1) лабораторные исследования нагрева образцов топлива и теплоизоляции до установившихся температур; изучение стадий и характеристик горения битума с использованием ТГ-анализа; (2) определение предельных температур зажигания образцов битума и образцов теплоизоляции на модельном экспериментальном стенде с резервуаром объемом 0,1 м³. На первом этапе образцы битума подавали в форме небольших капель диаметром $\approx 2\text{--}2,5$ мм, а также в виде тонкого слоя, нанесённого на металлическую подложку (для воспроизведения условий взаимодействия пленки битума со стенкой резервуара). Установлено, что в случае одиночной капли возгорание происходит при температуре 500 °С. Возгорание тонкого слоя битума, распределенного по металлической подложке, происходит при температуре 550 °С. Для определения предельных температур зажигания слоя теплоизоляции при воспроизведении условий разлива на него разогретого битума, осуществлялась пропитка образцов теплоизоляции размером 10 мм и массой 40 мг топливом в соотношении масс. 50%. Установлено, что возгорание пропитанной топливом теплоизоляции происходит при температуре, равной 500 °С.

При проведении исследований на модельном резервуаре установлено, что свободное горение битума возможно в слое пропитанной им теплоизоляции, так как она держит тепло и способствует поддержанию условий выхода паров углеводорода и формированию горючей смеси. В случае теплоизоляции из пеностекла и керамзита такие эффекты не зарегистрированы. В целом при использовании пеностекла отвод тепла от резервуара реализовывался быстрее по сравнению с опытами с теплоизоляцией из минеральной стекловаты. Его можно рассматривать в качестве перспективного теплоизолятора.

Список источников

1. Li M., Ji S., Zhang C., Wang C. Ignition and vapor transfer behavior of liquid fuel ignited by radiation from neighbouring liquid pool fire // *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 2023. Vol. 142. Article 106634.
2. Omidvar B., Mohamadzadeh B. Fire event in oil, gas, and petrochemical industries // In: *Crisis in Oil, Gas and Petrochemical Industries*. Elsevier, 2023. P. 155–174.
3. Zhao J., Zhang S., Pan Y., Hu Z., Zhang J. Experimental investigation and theoretical analysis of effects of crosswind on flame lengths and tilting behaviors of pool fires with large ullage heights // *Fuel*. 2025. Vol. 388. Article 134453.

Ксения Игоревна Андреева

ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Москва, Россия (andreeva.k@bmstu.ru, SPIN 2682-1770, ID: 1321968)

Данила Павлович Посевин

ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Москва, Россия (posevin@bmstu.ru, SPIN 4874-5513, ID: 1179905)

Игорь Потапович Иванов

ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Москва, Россия (ivanov@bmstu.ru, SPIN 5867-2820, ID: 544335)

Сравнительный анализ нейросетевых архитектур для задачи детектирования лесных пожаров

Аннотация. В данной работе исследуются современные архитектуры нейросетевых моделей для детектирования пламени на изображениях. Проведен обзор моделей YOLO, U-Net, RT-DETR и NanoDet. Представлены экспериментальные результаты сравнения YOLOv8n и U-Net на различных разрешениях изображений содержащих возгорания, а также сформулированы рекомендации по выбору архитектуры в зависимости от условий эксплуатации системы мониторинга — доступные аппаратно-программные средства, размеры территории мониторинга, требуемая скорость обработки и передачи данных.

Ключевые слова: мониторинг лесных пожаров, компьютерное зрение, детектирование объектов, нейронные сети, YOLO, U-Net, RT-DETR, NanoDet, автоматическое обнаружение возгораний

Ksenia I. Andreeva

Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow, Russia

Danila P. Posevin

Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow, Russia

Igor P. Ivanov

Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow, Russia

Comparative analysis of neural network architectures for the task of forest fire detection

Abstract. This paper explores modern neural network architectures for flame detection in images. It provides a theoretical review of YOLO, U-Net, RT-DETR, and NanoDet models. The paper presents experimental results comparing YOLOv8n and U-Net at different resolutions, and provides recommendations for selecting the appropriate architecture based on the specific requirements of the monitoring system, such as available hardware and software resources, the size of the monitoring area, and the desired processing and transmission speeds.

Keywords: forest fire monitoring, computer vision, object detection, neural networks, YOLO, U-Net, RT-DETR, NanoDet, automatic fire detection

Ежегодно лесные пожары наносят значительный ущерб природным ресурсам страны, приводят к человеческим жертвам и разрушению различных видов инфраструктур. Ключевым фактором в борьбе с этим стихийным бедствием является его максимально возможное раннее обнаружение и оперативное устранение источников возгораний на ранних стадиях их

образования. Традиционные методы мониторинга лесных пожаров, такие как наземное патрулирование лесных хозяйств или дистанционное зондирование Земли со спутников, имеют свои ограничения по уровню оперативности и точности. В свою очередь современные методы компьютерного зрения способны автоматически анализировать видеопотоки как со стационарных камер видеонаблюдения, так и с камер видеонаблюдения установленных на борт летательных аппаратов различного типа, что позволяет значительно ускорить обнаружение задымлений и возгораний. Целью данной работы являлись исследование и сравнительный анализ нейросетевых архитектур для выявления оптимальных подходов к решению задачи детектирования пламени на изображениях.

Для объективного сравнения нейросетевых моделей обработки изображений необходим единый набор метрик. Ключевой мерой для этого является Intersection-over-Union (IoU) — мера Жаккара, оценивающая степень перекрытия предсказанной ограничивающей рамки с эталонной.

$$IoU = \frac{|\hat{Y} \cap Y|}{|\hat{Y} \cup Y|}, \quad (1)$$

где:

Y — множество пикселей, реально принадлежащих целевому классу;

$\hat{Y}$ — множество пикселей, отнесённых моделью к целевому классу.

Данная метрика показывает насколько точно предсказанная моделью область возгорания совпадает с реальными границами пожара. Например, при обнаружении лесного пожара значение $IoU = 0.65$ означает, что предсказанная ограничивающая рамка перекрывает истинную область горения на 65%, что является приемлемым показателем для оперативного реагирования, однако 35% площади возгорания модель выделила неверно, что может указывать на необходимость дополнительного обучения на изображениях с аналогичными свойствами.

На основе подсчета истинно-положительных (TP), ложноположительных (FP) и ложноотрицательных (FN) срабатываний вычисляются следующие характеристики:

1. Точность — характеризует долю верно обнаруженных объектов среди всех найденных:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}. \quad (2)$$

В контексте обнаружения лесных пожаров данная метрика показывает, какая доля срабатываний системы мониторинга действительно соответствует возгораниям. Например, если в ходе тестирования модели YOLOv8n при разрешении 640×640 точность составила 0.34, то это означает, что примерно 34% обнаруженных моделью областей действительно содержат пламя, а остальные 66% являются ложными срабатываниями, что может приводить к необоснованным вызовам пожарных расчетов.

2. Полнота характеризует — способность модели пропускать объекты. В задаче обнаружения пожаров минимизация пропусков критически важна:

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}. \quad (3)$$

Данная метрика отражает вероятность того, что возникший пожар будет обнаружен системой мониторинга. Например, если при использовании модели U-Net на изображениях с разрешением 250×250 значение полноты достигает 0.37, то это означает, что модель обнаруживает лишь 37% реальных очагов возгорания — пропуская 63%. Для системы раннего обнаружения пожаров такое значение является недопустимо низким, так как две трети изображений содержащих пожары останутся незамеченными. В свою очередь, целевым показателем для промышленных систем является полнота не менее 0.95, гарантирующая обнаружение 95% возгораний.

3. Гармоническое среднее точности и полноты:

$$F_1 = \frac{2Precision \cdot Recall}{Recall + Precision}. \quad (4)$$

F_1 -мера в задаче детектирования пламени позволяет оценить сбалансированность системы мониторинга. Если для модели YOLOv8n на разрешении 640×640 значение $F_1 = 0.34$

достигается при точности 0.34 и полноте 0.27 — это свидетельствует о смещении модели в сторону минимизации ложных срабатываний в ущерб полноте обнаружения. Оптимальная система должна стремиться к значению F_1 выше 0.8, что обеспечивает одновременное обнаружение большинства пожаров при умеренном количестве ложных тревог.

4. Средняя точность при пороге $IoU = 0.5$, стандартная метрика для детекторов:

$$mAP = \frac{1}{C} \sum_{c=1}^C AP_c, \quad (5)$$

где:

C — количество классов обнаруживаемых объектов;

AP_c — средняя точность (Average Precision) для класса c , вычисляемая как площадь под кривой точность-полнота.

Данная метрика в применении к задаче обнаружения пожаров позволяет комплексно оценить качество модели на всем диапазоне порогов уверенности. Например, для детектора YOLOv8n при разрешении 640×640 значение $mAP@0.50 = 0.15$ означает, что в среднем по всем тестовым изображениям точность обнаружения пламени с учетом различных порогов составляет 15%. Это относительно невысокий показатель, что объясняется сложностью задачи — изменчивость формы пламени, задымление, оптические искажения и ограниченный объем обучающей выборки.

В ходе исследований проведенных в данной работе, выполняемой в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSN-2024-0073) [1], были рассмотрены четыре архитектуры, относящиеся к разным классам детекторов:

1. YOLO («You Only Look Once») [2]: одностадийный детектор, обрабатывающий изображение за один проход. Изображение делится на сетку, каждая ячейка которой предсказывает ограничивающие рамки и классы объектов.

2. U-Net [3]: архитектура для семантической сегментации, построенная по принципу симметричного сверточного кодировщика-декодировщика. Кодировщик последовательно снижает пространственное разрешение, извлекая семантические признаки, декодировщик восстанавливает разрешение с помощью повышающей дискретизации. Ключевая особенность — пропускные соединения, передающие карты признаков высокого разрешения от кодировщика к декодировщику для точного восстановления границ объектов. Для сохранения размерности выходного тензора применяется отражение пикселей по краям. Модель обучается с использованием взвешенной кросс-энтропии, где веса учитывают частоту классов и расстояния до границ, повышая значимость редких классов и пограничных областей.

3. RT-DETR («Real-Time Detection Transformer») [4]: архитектура, адаптирующая трансформеры для детектирования в режиме реального времени, устраняя высокую вычислительную сложность оригинальных DETR-моделей. Включает в себя блок сверточной нейронной сети для извлечения мультимасштабных признаков, гибридный энкодер и трансформер-декодер с механизмом отбора запросов. Гибридный энкодер сочетает модуль самовнимания AIFI, который применяется только к высокоуровневым признакам, и модуль слияния признаков CCFF на основе сверточных слоев.

4. NanoDet [5]: архитектура детектора на основе обучения с учителем, ориентированная на маломощные устройства, например одноплатные микрокомпьютеры или миникомпьютеры. Включает в себя модуль извлечения признаков, модуль назначения меток AGM (учитель) и прогнозирующий модуль. Использует метод Label Assignment Distillation (LAD), где предсказания учителя служат переназначенными метками для обучения прогнозирующего модуля. Для повышения качества детектирования применяется адаптивная функция потерь AWL, динамически корректирующая веса моделей на основе сравнения их текущих функций потерь со средними значениями фазы предварительного обучения.

В рамках данной работы было проведено тестирование моделей YOLOv8n и U-Net на наборе данных с изображениями пожаров, в результате чего было получено сравнение их эффективности в зависимости от разрешения входного изображения. В набор данных для обучения моделей вошло 895 изображений, из них 135 было отложено для тестового набора,

134 — для валидационного, 626 — для тренировочного. Разрешение всех снимков использовалось единое — 640×640 пикселей. Обучение и тестирование проводилось на персональном компьютере со следующими характеристиками: процессор — Intel Xeon E5-2620 @ 2.00GHz vCPU:1; ядро — 1 поток; оперативная память — 1 ГБ; swap — 135 МБ; жесткий диск — 20 ГБ. Для моделей использовался стандартный порог уверенности 0.25. Предсказания модели с уверенностью ниже данного значения отбрасывались и считались ложноотрицательными.

Таблица – Результаты тестирования моделей YOLOv8n и U-Net

Разрешение входного изображения	Модель	Кол-во входных изображений поданных в модель в ходе эксперимента	mAP@0.50	Recall	F_1	Precision	IoU	Время, с
250×250 и 640×640	YOLOv8n	100	0.12	0.22	0.29	0.44	0.66	0.6
250×250 и 640×640	U-Net	100	0.08	0.29	0.19	0.14	0.64	1.6
250×250	YOLOv8n	50	0.09	0.14	0.21	0.38	0.65	0.6
250×250	U-Net	50	0.14	0.37	0.23	0.19	0.65	0.4
640×640	YOLOv8n	50	0.15	0.27	0.34	0.47	0.67	0.6
640×640	U-Net	50	0.06	0.27	0.15	0.11	0.64	2.8

Сравнительный анализ результатов тестирования моделей YOLOv8n и U-Net приведенный в таблице 1 показал, что U-Net демонстрирует чуть более высокую полноту на низких разрешениях, таких как 250×250, что важно для обнаружения малых очагов возгораний, однако скорость ее работы значительно ниже. YOLOv8n, в свою очередь, показывает немного лучшую точность и скорость на высоких разрешениях, таких как 640×640, что очевидно более предпочтительно для обработки видеопотока в режиме реального времени.

На основе проведенного исследования и экспериментальных данных можно сформулировать следующие рекомендации по применению рассмотренных архитектур для обнаружения лесных пожаров:

1. YOLO оптимальна для систем видеонаблюдения с высоким разрешением, применяемых на больших территориях и выполненных на базе стационарных вышек установленных на господствующих высотах или на борту летательных аппаратов, где важна высокая скорость обработки данных.

2. U-Net эффективна для задач сегментации на низких разрешениях или для точного выделения контуров пламени, но требует значительных вычислительных ресурсов и непригодна для высокоскоростной обработки видеоданных.

Согласно данным предварительного обзора источников литературы выявлено, что предположительно архитектура RT-DETR подойдет для стационарных систем с высокопроизводительными вычислительными мощностями, где приоритетом является максимальная точность за счет учета контекста, т. е. содержимого области изображения вокруг искомого фрагмента возгорания, а NanoDet — может стать перспективным решением для встраиваемых систем, микрокомпьютеров и портативных камер видеонаблюдения с ограниченным энергопотреблением, позволяющие осуществлять мониторинг в труднодоступных местах, поэтому дальнейшие исследования в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSN-2024-0073) по направлению исследования нейросетевых архитектур оптимальных для решения задачи автоматизации обнаружения пламени и дыма будут направлены именно на

тестирование архитектур RT-DETR и NanoDet как на стационарных вычислительных средствах, так и на одноплатных микрокомпьютерах семейства Raspberry PI и RepkaPI.

Выбор конкретной нейросетевой архитектуры для задачи детектирования пламени должен определяться параметрами электронно-компонентной базы модуля обнаружения пожаров и условиями его эксплуатации, необходимо учитывать вычислительную мощность используемой ЭВМ и микроконтроллеров, разрешение и угол обзора камеры видеонаблюдения, высоту видеосъемки, баланс между скоростью и полнотой обнаружения, а также время года, время суток, погодные условия, температуру окружающей среды и другие факторы, влияющие на параметры обучения нейросетевой модели, при этом крайне важно использовать несколько различных алгоритмов детектирования пламени и дыма для всестороннего анализа изображений и проверки достоверности полученных результатов.

Список источников

1. Кочетков, Д. И. О возможности использования нейросетевых моделей для автоматизации обнаружения лесных пожаров / Д. И. Кочетков, Н. Д. Нащекин // Цифровые технологии: настоящее и будущее : Сборник статей по материалам III Национальной научно-практической конференции с международным участием, Тольятти, 13 ноября 2024 года. – Тольятти: Частное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинская академия управления», 2024. – С. 88-92.
2. Redmon, J. You only look once: Unified, real-time object detection / J. Redmon [et al.] // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2016.
3. Ronneberger, O. U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation / O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox // Medical image computing and computer-assisted intervention – MICCAI 2015. – Springer International Publishing, 2015. – P. 234-241.
4. Zhao, Y. DETRs Beat YOLOs on Real-time Object Detection [Электронный ресурс] / Y. Zhao [et al.] // arXiv preprint arXiv:2304.08069. – 2023. – URL: <https://arxiv.org/abs/2304.08069> (дата обращения: 15.10.2025).
5. Guo, J. A NanoDet Model with Adaptively Weighted Loss for Real-time Railroad Inspection / J. Guo [et al.] // Proceedings of the Annual Conference of the Prognostics and Health Management Society. – 2023. – Vol. 15, No. 1. – DOI: 10.36001/phmconf.2023.v15i1.3498.

Максим Андреевич Гудков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (m.gudkov@academygps.ru, SPIN 5971-6544, ID: 643918)

Артем Александрович Гапеев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (a.gapeev@academygps.ru, SPIN 2697-7130, ID: 757953)

Арина Романовна Корнилова

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (a.kornilova@academygps.ru)

Постановка задачи численного моделирования газопорошкового пожаротушения в рамках двухкомпонентной модели

Аннотация. В работе рассматривается одномерная математическая модель газопорошкового течения, описывающая распространение огнетушащего порошка при работе модулей порошкового пожаротушения. Используется двухкомпонентный подход «газ + порошок»: газовая фаза моделируется уравнениями Эйлера, порошковая компонента - как континуум без давления с учётом межфазного сопротивления, гравитации и источников массы и импульса, задающих работу порошкового модуля. Для численного решения применяется схема типа Годунова с разделением операторов. Геометрия источника порошка в одномерном приближении задаётся феноменологически функцией пространственно-временного распределения массы, имитирующей расширение конусного факела; конкретные параметры определяются паспортными данными модуля или экспериментальными измерениями. Обсуждаются ограничения модели и направления дальнейшего развития — переход к трёхмерной постановке и учёт термохимического взаимодействия порошка с пламенем.

Ключевые слова: Газопорошковое пожаротушение; двухфазный поток; огнетушащий порошок; численное моделирование; схема Годунова.

Maxim A. Gudkov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Artem A. Gapeev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Arina R. Kornilova

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Formulation of the numerical simulation problem for gas–powder fire suppression within a two-component model

Abstract. The paper considers a one-dimensional mathematical model of a gas–powder flow describing the dispersion of extinguishing powder during the operation of powder fire suppression modules within a two-component «gas + powder» approach. The gas phase is modeled by the Euler equations, while the powder phase is treated as a pressureless continuum with interphase drag, gravity, and mass and momentum source terms representing the module operation. A Godunov-type scheme with operator splitting is employed for the numerical solution. In the one-dimensional approximation, the powder source is specified phenomenologically by a space–time mass distribution function that mimics the expansion of a conical jet; specific parameters are determined from module specifications or experimental measurements. Limitations of the model and further development directions - transition to a three-dimensional formulation and incorporation of thermo-chemical interaction between the powder and the flame - are discussed.

Keywords: gas–powder fire suppression; two-phase flow; extinguishing powder; numerical simulation; Godunov scheme.

Эффективность порошкового пожаротушения в значительной степени зависит от дисперсности частиц огнетушащего порошка, то есть от их размеров и фракционного состава. Экспериментальные и модельные исследования показывают, что уменьшение характерного размера частиц при прочих равных приводит к росту удельной поверхности, снижению минимальной огнетушащей концентрации и, как следствие, к повышению огнетушащей способности порошков, при этом существует диапазон оптимальной дисперсности [1, 2].

Для системы одинаковых сферических частиц радиуса r и плотности материала ρ удельная поверхность (отношение суммарной площади поверхности частиц к их массе) определяется выражением (1):

$$S_{уд} = \frac{6}{\rho d} \quad (1)$$

Однако на практике частицы имеют несферическую форму и характеризуются полидисперсностью. С учётом коэффициента формы φ (отношение поверхности сферы равного объёма к реальной поверхности частицы) и эквивалентного диаметра $d_э$ (диаметр сферы того же объёма) удельная поверхность вычисляется по формуле (2) [3]:

$$S_{уд} = \frac{6}{\rho \cdot d_э \cdot \varphi}, \quad (2)$$

причём для частиц неправильной формы обычно $\varphi \approx 0,7$. Именно удельная поверхность твёрдой фазы входит в балансы тепла и активных частиц пламени, так как через поверхность частиц реализуются процессы теплообмена и гетерогенного ингибирования. Рост $S_{уд}$ при уменьшении размера частиц усиливает эти процессы, что проявляется в снижении минимальной огнетушащей концентрации; однако чрезмерное измельчение может приводить к агломерации и изменению динамики порошкового облака, формируя экспериментально наблюдаемый оптимум по размерам частиц [1, 2].

Для описания распространения порошка в воздухе используется двухкомпонентный подход «газ + порошок» исходя из следующего: на данном этапе рассматривается механизм распространения порошковой фазы в помещении, при сработке порошкового модуля, установленного в потолочном пространстве. Газовая фаза описывается уравнениями Эйлера, а порошковая компонента моделируется как континуум без давления. Такой подход применим при невысокой объёмной концентрации частиц, когда столкновениями между ними и давлением твёрдой фазы можно пренебречь [4]. Однако в реальных условиях пожаротушения рабочие концентрации порошка могут превышать этот порог. В рамках данной постановки принимается гипотеза, что определяющий вклад в динамику облака на начальной стадии вносит межфазное трение с газом, а эффектами столкновений частиц на этапе построения базовой модели можно пренебречь, что в свою очередь следует отнести к ограничениям модели и при необходимости учесть на следующих этапах исследования.

В одномерной постановке (координата x , время t) уравнения для газовой фазы с учётом межфазного силового взаимодействия и отсутствия массообмена (порошок химически инертен) записываются в консервативной форме (3):

$$\frac{\partial}{\partial t} \begin{pmatrix} \rho_g \\ \rho_g u_g \\ \rho_g E_g \end{pmatrix} + \frac{\partial}{\partial x} \begin{pmatrix} \rho_g u_g \\ \rho_g u_g^2 + p \\ (\rho_g E_g + p) u_g \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -F_{pg} \\ -F_{pg} u_p \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где:

ρ_g, u_g, p , – плотность, скорость, давление газа;

$E_g = e_g + \frac{u_g^2}{2}$ – полная энергия газа, e_g – внутренняя энергия;

F_{pg} – сила межфазного трения, действующая на газ со стороны частиц;

u_p – скорость частиц порошка.

Предполагается, что сила межфазного трения F_{pg} действует на газ со стороны частиц, мощность этой силы равна произведению силы на u_p с которой они подаются из порошкового модуля. В приближении пренебрежимо малого теплообмена между фазами эта работа полностью переходит во внутреннюю энергию газа.

Для порошковой фазы, рассматриваемой как континуум без давления, уравнения сохранения массы и импульса имеют вид (4):

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\rho_p \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho_p u_p \right) = \left(\rho_p g - F_{pg} + S_m(x,t) u_{ing} \right), \quad (4)$$

где:

ρ_p – приведенная плотность порошка, т.е. масса в единице объёма смеси;

g – проекция ускорения свободного падения на ось x ;

F_{pg} – сила межфазного трения, действующая на порошок со стороны газа (в соответствии с третьим законом Ньютона F_{pg} входит в уравнение газа с противоположным знаком);

$S_m(x,t)$ – массовый источник, моделирующий поступление порошка из модуля пожаротушения;

u_{ing} – скорость впрыскиваемого порошка.

Сила межфазного трения F_{pg} определяется как (5):

$$F_{pg} = \beta (u_p - u_g), \quad (5)$$

где:

β – коэффициент обмена, который зависит от режима обтекания частиц.

В наиболее простом случае (стоксовское обтекание) для сферических частиц радиуса r и динамической вязкости газа μ имеем (6):

$$\beta = \frac{9\mu\rho_p}{2r^2\rho_p^{\text{мат}}}, \quad (6)$$

где:

$\rho_p^{\text{мат}}$ – истинная плотность материала частиц.

В общем случае β может вычисляться по корреляциям, учитывающим число Рейнольдса [5].

Массовый источник $S_m(x,t)$ в уравнении (3) задаёт пространственно-временной закон поступления порошка в объём. Реальный модуль создаёт конусный факел, расширяющийся по мере удаления от сопла. В одномерной постановке, где все величины осреднены по поперечному сечению, такая геометрия не может быть воспроизведена явно. Поэтому источник моделируется феноменологически: функция $S_m(x,t)$ выбирается так, чтобы имитировать распределение вводимой массы вдоль оси факела (7):

$$S_m(x,t) = \dot{m}(t)f(x), \quad (7)$$

где:

$\dot{m}(t)$ – массовый расход порошка, а функция $f(x)$ описывает продольное распределение вводимой массы. Для простейшего случая равномерного расширения конуса можно принять (8):

$$f(x) = \frac{1}{L(t)} \text{ при } x \in [0, L(t)], \quad (8)$$

где:

$L(t)$ – текущая протяженность области впрыска, определяемая по экспериментальным данным [6, 7].

Начальные и граничные условия формулируются исходя из физической постановки: в начальный момент времени газ неподвижен ($u_g = 0$), порошок отсутствует ($\rho_p = 0$); на стенках задаются условия непротекания или прилипания в зависимости от модели.

Для численного решения системы (3), (4) применяется метод расщепления по физическим процессам и схема Годунова. На каждом шаге по времени сначала решается однородная гиперболическая система (без источников) с использованием приближённого решения задачи Римана для каждой фазы. Затем учитываются источниковые члены: F_{pg} , S_m с помощью явной или неявной аппроксимации. Такой подход обеспечивает консервативность и устойчивость счёта [8, 9].

Представленная одномерная модель является первым этапом в создании инструмента для расчёта газопорошкового пожаротушения. Её основные ограничения:

- одномерность (не позволяет описывать реальную трёхмерную геометрию помещения и радиальную структуру факела);
- отсутствие учёта теплообмена и химических реакций (ингибирования пламени);
- предположение о монодисперсности порошка и пренебрежение столкновениями частиц.

Представлена одномерная двухкомпонентная модель газопорошкового течения для предварительной оценки распределения концентрации порошка в инертной среде и параметров двухфазной струи. Модель включает уравнения газовой фазы и порошковой компоненты как континуума без давления, межфазное трение, гравитацию и источники массы и импульса. Предложен способ феноменологического задания конусного факела в одномерном приближении через функцию S_m . Предполагается использование численного метода Годунова, который позволит проводить расчет динамики двухфазной среды. Работа создаёт основу для последующего усложнения модели - перехода к трёхмерной постановке и учёта термохимического взаимодействия огнетушащего порошка с пламенем.

Список источников

1. Кицак А. И. Оценка эффективности механизмов гетерогенного и гомогенного ингибирования частицами огнетушащего порошка активных частиц пламени с учетом скорости их образования // Вестник Института пожарной безопасности. 2023. Т. 68, № 4. С. 331–343. DOI: 10.29235/1561-8358-2023-68-4-331-343.
2. Бобрышева С. Н., Боднарук В. Б., Марченко М. В. Дисперсная основа огнетушащих порошков // Труды Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. 2008. № 2. С. 10–19.
3. Абызов А. М. Измерение удельной поверхности дисперсных материалов методом низкотемпературной адсорбции газа: практикум. СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2016. 37 с.
4. Вараксин А. Ю. Гидрогазодинамика и теплофизика двухфазных потоков с твердыми частицами, каплями и пузырями // Теплофизика высоких температур. 2023. Т. 61, № 6. С. 926–948. DOI: 10.31857/S0040364423060169.
5. Тукмаков Д. А., Тукмакова Н. А. Методика численного исследования отражения ударной волны от твердой поверхности в запылённой среде // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2019. № 4. С. 47–54. DOI: 10.17308/sait.2019.4/2680.
6. Леонов А. А., Чуданов В. В., Аксенова А. Е. Методы прямого численного моделирования в двухфазных средах. М.: [б. и.], 2013. 197 с.
7. Комраков П. В., Гапеев А. А., Гудков М. А., Никитин И. С., Коваль Ю. Н. К вопросу методики оценки огнетушащей эффективности порошковых составов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 3 (38). С. 214–222.
8. Куликов И. М., Черных И. Г., Сапетина А. Ф., Воробьёв Э. И., Элбакян В. Г. Об одной численной схеме типа Годунова для описания газовой и пылевой компонент в задачах звездообразования // Сибирский журнал индустриальной математики. 2023. Т. 26, № 1. С. 85–97. DOI: 10.33048/SIBJIM.2023.26.108.

9. Годунов С. К., Забродин А. В., Иванов М. Я., Крайко А. Н., Прокопов Г. П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М.: Наука, 1976. 400 с.

Максим Андреевич Гудков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (m.gudkov@academygps.ru, SPIN 5971-6544, ID: 643918)

Артем Александрович Гапеев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (a.gapeev@academygps.ru, SPIN 2697-7130, ID: 757953)

Сергей Владимирович Сорокин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (Rokin.88@mail.ru)

Оптимизация распределения служебной нагрузки сотрудников испытательных пожарных лабораторий на основе метода анализа иерархий

Аннотация. Статья посвящена выбору математической модели для оптимизации распределения служебной нагрузки сотрудников испытательных пожарных лабораторий (ИПЛ). Проведен сравнительный анализ методов многокритериального принятия решений (АНР, WSM, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE). Обосновано преимущество метода анализа иерархий Саати для решения данной задачи благодаря возможности учета разнородных профессиональных характеристик персонала, наличию механизма проверки согласованности экспертных суждений и адаптивности к изменяющимся условиям деятельности ИПЛ.

Ключевые слова: аналитический иерархий процесс, многокритериальная оптимизация, распределение служебной нагрузки, испытательная пожарная лаборатория, методы принятия решений, судебная пожарно-техническая экспертиза.

Maxim A. Gudkov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Artem A. Gapeev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Sergey V. Sorokin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Optimization of the distribution of the service load of employees of test fire laboratories based on the analysis of hierarchies method

Abstract. The article is devoted to the choice of a mathematical model for the optimization of the distribution of the service load of employees of test fire laboratories (IPL). A comparative analysis of methods of multicriteria decision-making (AHP, WSM, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE) is carried out. The advantage of the Saaty analysis hierarchy method for solving this problem is substantiated due to the possibility of taking into account the diverse professional characteristics of personnel, the availability of a mechanism for checking the consistency of expert opinions, and adaptability to the changing conditions of the IPL's activities.

Keywords: analytical hierarchy process, multi-criteria optimization, distribution of service workload, testing fire laboratory, decision-making methods, forensic fire and technical expertise.

Эффективность деятельности испытательных пожарных лабораторий (ИПЛ) является ключевым фактором обеспечения пожарной безопасности и объективности судебно-экспертных исследований. В условиях постоянного роста количества и сложности объектов экспертизы, ужесточения требований к срокам и качеству проведения испытаний, а также

внедрения новых методик исследования, особую актуальность приобретает задача рационального использования кадрового потенциала.

Сотрудники ИПЛ выполняют широкий спектр функций: проведение инструментальных исследований веществ и материалов, экспертиза пожаров, техническое диагностирование электрооборудования, выезды на места происшествий, подготовка заключений и участие в судебных заседаниях. Эффективность выполнения этих задач напрямую зависит от того, насколько служебная нагрузка соответствует индивидуальным профессиональным характеристикам сотрудника: его экспертной специализации, опыту практической работы, наличию допусков к работе с оборудованием, научно-методической активности и текущей загруженности.

В настоящее время распределение заданий в ИПЛ зачастую осуществляется на основе субъективного опыта руководителя или по принципу «очередности», что может приводить к ряду негативных последствий:

- снижение качества экспертиз при назначении сотрудника, не обладающего достаточной компетенцией в конкретной узкой области;
- затягивание сроков выполнения работ из-за перегрузки наиболее квалифицированных специалистов;
- неполное использование потенциала молодых сотрудников, обладающих современными цифровыми компетенциями;
- возникновение конфликта интересов при распределении «сложных» или «статусных» экспертиз.

Таким образом, существует объективная потребность в разработке научно-обоснованного инструментария, позволяющего формализовать процесс распределения служебной нагрузки между сотрудниками ИПЛ на основе многокритериального подхода.

Цель исследования – выбор математической модели распределения служебной нагрузки сотрудников испытательных пожарных лабораторий, основанной на методах многокритериального принятия решений (MCDM).

1. Методы многокритериальной оценки, не требующие априорных предпочтений.

1.1. Метод анализа иерархий (метода Саати).

Ключевая идея метода Саати – декомпозиция сложной проблемы выбора исполнителя для конкретной задачи на иерархию: цель (назначить оптимального исполнителя), критерии (компетенции) и альтернативы (сотрудники).

Для задачи ИПЛ иерархия критериев может включать:

1. Экспертная компетенция: наличие специализации по роду веществ (нефтепродукты, лакокрасочные покрытия, строительные материалы), знание методик расчета распространения пожара.
2. Инструментальная квалификация: допуски к работе на сложном оборудовании (хроматографы, спектрометры, термические анализаторы), опыт калибровки и обслуживания.
3. Опыт экспертной работы: общий стаж, количество проведенных экспертиз определенного класса, опыт участия в сложных межлабораторных испытаниях.
4. Научно-методическая активность: наличие публикаций по тематике, участие в разработке новых методик, знание современной нормативной базы.
5. Текущая загруженность: количество находящихся в производстве экспертиз, срочность ранее назначенных заданий.
6. Специфические требования: готовность к командировкам (для выездных групп), наличие водительского удостоверения и т.д.

Для каждого уровня иерархии строится матрица парных сравнений A размера $n \times n$, где элемент a_{ij} отражает относительную важность критерия i по сравнению с критерием j по шкале Саати.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, a_{ii} = 1 \quad (1)$$

Нормировка матрицы и расчет весов критериев производятся по формулам:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \quad (2)$$

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij} \quad (3)$$

Ключевым преимуществом АНР является проверка согласованности суждений:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j \right)}{w_i} \quad (4)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

Если отношение согласованности $CR < 0,10$, суждения эксперта признаются непротиворечивыми.

1.2. Метод взвешенной суммы (Weighted Sum Model, WSM). Данный метод позволяет скомбинировать все оценки альтернатив по разным критериям в одну интегральную оценку, чтобы можно было легко сравнить и ранжировать альтернативы. Это достигается за счет нормализации: приведение разнородных критериев к безразмерному виду для возможности их математического сложения и взвешиванию: учет важности каждого критерия с помощью весов, назначенных ЛПР. Допущение: предполагается, что все критерии являются линейно-компенсируемыми. Это значит, что низкий балл по одному критерию можно компенсировать высоким баллом по другому. Вводим критерий выгоды (7) и критерий затрат (8).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} \text{ (для выгоды)} \quad (7)$$

$$r_{ij} = \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} \text{ (для затрат)} \quad (8)$$

Каждую нормированную оценку r_{ij} возводим в степень веса w_j и получаем (9).

$$P_i = \prod_{j=1}^n (r_{ij})^{w_j} \quad (9)$$

1.3. Метод определения порядка предпочтения по сходству с идеальным решением (TOPSIS). В основе лежит концепция, согласно которой выбранная альтернатива должна иметь наименьшее геометрическое расстояние от положительного идеального решения (PIS) и наибольшее геометрическое расстояние от отрицательного идеального решения (NIS), другими словами метод рассматривает задачу принятия решений как геометрическую задачу в многомерном пространстве критериев, где каждая альтернатива представляется точкой в n -мерном пространстве, решения являются опорными точками для сравнения, используется

евклидово расстояние для измерения близости каждая альтернатива представляется точкой в n -мерном пространстве. Каждый элемент матрицы нормируется (10):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (10)$$

Получаем нормализованную матрицу $R = [r_{ij}]$. Строим взвешенную нормализованную матрицу. Для этого каждый умножим каждый элемент на соответствующий вес критерия w_j (11):

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij} \quad (11)$$

Определяем расстояние до положительного идеального решения (12) и отрицательного идеального решения (13):

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad \text{где } i=1, \dots, m. \quad (12)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (13)$$

Рассчитываем относительную близость к идеальному решению (14):

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (14)$$

2. Методы, требующие априорных предпочтений

2.1. Метод ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality). Основан на попарном сравнении альтернатив с учётом индексов согласия и индексов несогласия (вето), позволяя отсеивать несоответствующие варианты и выявлять предпочтительные.

Индекс согласия для каждой пары альтернатив (a,b) (15):

$$C(a, b) = \frac{\sum_{j \in J^+} w_j + \sum_{j \in J^-} w_j}{\sum_{j=1}^n w_j} \quad (15)$$

Индекса несогласия (вето) (16):

$$D(a, b) = \max_{j \in J^-} \frac{|v_{aj} - v_{bj}|}{\max_k (v_{kj}) - \min_k (v_{kj})} \quad (16)$$

2.2. Метод PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations). Ранжирование альтернатив осуществляется за счет использования функции предпочтения для каждого критерия. Для разницы $d = x_{ij} - x_{kj}$, вводится порог p_j и, если есть необходимость порог безразличия q_j (17):

$$H_j(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q_j; \\ f_j(d), & q_j < d \leq p_j; \\ 1, & d > p_j. \end{cases} \quad (17)$$

С учетом специфики деятельности испытательных пожарных лабораторий, наиболее предпочтительным математическим методом для оптимизации распределения служебной нагрузки является метод анализа иерархий (метод Саати). Данный подход обеспечивает баланс между математической строгостью, учетом специфических экспертных требований и практической реализуемостью.

Список источников

1. Калков Д.Ю., Гудков М.А., Гапеев А.А., Бокадаров С.А., Серпилина Е.К. Многокритериальная оптимизация распределения учебной нагрузки профессорско-преподавательского состава высших учебных заведений на основе метода анализа иерархий // Вестник Воронежского института ФСИН России, Воронеж. 2025г., №4, С. 56-62.
2. О судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации: Федеральный закон от 31.05.2001 № 73-ФЗ (ред. от 01.07.2021).
3. Ковалев В. В. Математические методы принятия решений / В. В. Ковалев. – СПб.: Лань, 2012. – 400 с.
4. Салтыков С. А. Экспериментальное сопоставление методов взвешенной суммы... // Управление большими системами. – 2023. – № 29.
5. Сергеев Р. А. Информационно-аналитические технологии принятия управленческих решений. – М.: БХВ-Петербург, 2018. – 350 с.
6. Андреев Ю. Н., Белоусов С. Г. Методы и алгоритмы многокритериального принятия решений. – М.: URSS, 2018. – 280 с.
7. Смирнов Н. В. Управление качеством судебных экспертиз... // Теория и практика судебной экспертизы. – 2024. – Т. 19. – № 2. – С. 45-53.

УДК 614.84:005.95

ББК 65.29(2)44

Сергей Владимирович Сорокин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (Rokin.88@mail.ru)

Артем Александрович Гапеев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (a.gapeev@academygps.ru, SPIN 2697-7130, ID: 757953)

Максим Андреевич Гудков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (m.gudkov@academygps.ru, SPIN 5971-6544, ID: 643918)

Поддержка управления сотрудниками испытательной пожарной лаборатории: современные методы и подходы

Аннотация. В современных условиях эффективность деятельности испытательной пожарной лаборатории во многом определяются уровнем кадрового потенциала и качеством системы управления персоналом. Статья рассматривает комплексный подход к поддержке управления сотрудниками, базирующийся на методологиях системы менеджмента качества (СМК, ГОСТ ISO/IEC 17025), когнитивного моделирования, систем поддержки принятия решений и современных HR-технологий. Показано, как интеграция нормативно-регуляторного, учебно-методического и аналитического блоков повышает устойчивость и безопасность испытательного процесса.

Ключевые слова: управление персоналом, испытательная пожарная лаборатория, поддержка принятия решений, компетентность, когнитивное моделирование, система менеджмента качества.

Sergey V. Sorokin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Artem A. Gapeev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Maxim A. Gudkov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Support for the management of employees of a fire test laboratory: modern methods and approaches

Abstract. In modern conditions, the effectiveness of the fire test laboratory is largely determined by the level of human resources and the quality of the personnel management system. The article discusses a comprehensive approach to supporting the management of employees based on the methodologies of the quality management system (QMS, GOST ISO/IEC 17025), cognitive modeling, decision support systems, and modern HR technologies. It is shown how the integration of regulatory, educational, and analytical blocks enhances the stability and safety of the testing process.

Keywords: personnel management, fire test laboratory, decision support, competence, cognitive modeling, quality management system.

Испытательные пожарные лаборатории являются ключевым звеном в обеспечении требований пожарной безопасности к продуктам, строительным конструкциям и системам пожаротушения. В соответствии с требованиями ГОСТ ISO/IEC 17025, лаборатория обязана обеспечить компетентность персонала, его непрерывное обучение и регулярную оценку результативности работы. Сложность пожарных испытаний, связанная с риском для жизни и

имущества, повышает требования к качеству управления персоналом, включая его отбор, подготовку, мотивацию и контроль.

В современной литературе по управлению персоналом отмечается переход от административно-командного стиля к более гибким, аналитически-ориентированным подходам, включая когнитивное моделирование, системную оценку компетенций и интеллектуальные советующие системы (decision support systems, DSS).

Целью настоящей работы является систематизация и обоснование методов поддержки управления персоналом в испытательной пожарной лаборатории с опорой на современные научные разработки и нормативные требования.

Нормативно-регуляторный и процессный базис.

Согласно ГОСТ ISO/IEC 17025, лаборатория должна документировать и реализовывать процедуру управления персоналом, включающую: определение требований к компетентности, подбор и назначение персонала, его подготовку и стажировку, наблюдение за работой и наделение полномочиями. Типовая структура такого процесса описана в руководствах по качеству и процедурах по управлению персоналом для испытательных лабораторий.

Важным элементом является формализация должностных инструкций и карт процессов, в которых фиксируются обязанности, права и ответственность каждого сотрудника, в том числе по выполнению пожарных испытаний и соблюдению требований по безопасности. Это позволяет не только выстроить прозрачную систему распределения функций, но и служит основой для последующей оценки и аудита персонала.

Методы оценки и поддержания компетентности.

Ключевым направлением поддержки управления персоналом является систематическая оценка и преемственное развитие компетенций. В современных работах по тематике лабораторных исследований подчеркивается значимость роли компетентности сотрудников для обеспечения качества результатов испытаний [1].

В магистерских и диссертационных исследованиях предлагаются методики оценки компетентности персонала лабораторий, которые включают:

- формирование набора ключевых компетенций (технические, нормативные, ПБ-аспекты, работа с СМК);
- разработку критериев и балльных шкал;
- использование внутренних контрольных испытаний (МРС, контрольные испытания нескольких исполнителей) и анализ результатов по карточкам персонала.

Для испытательной пожарной лаборатории логично дополнить традиционную модель оценки компетенций блоком по оценке поведения при ЧС и соблюдению правил охраны труда и пожарной безопасности, что существенно снижает риски при проведении экспертиз.

Обучение, наставничество и карьерное развитие.

Современные исследования по совершенствованию СМК в испытательных лабораториях обращают внимание на необходимость оптимизации процесса обучения как ключевого элемента управления персоналом. Авторы предлагают внедрять систему непрерывного образования, включая [2]:

- планы повышения квалификации персонала на год;
- дистанционные курсы и вебинары;
- встроенные формы обучения на рабочих местах и стажировку под руководством опытных специалистов.

В области пожарной лаборатории особое значение имеют:

- специализированный онбординг новых сотрудников (ознакомление с ПБ, местной инструкцией, методами испытаний);
- структурированная система наставничества (mentor-стажер) с фиксацией контрольных испытаний и протокола допуска к самостоятельной работе.

В более общем контексте HR-исследований показано, что персонализированные учебные траектории, построенные на основе когнитивных стилей и предпочтений

обучающихся, способствуют повышению эффективности обучения и сокращению времени адаптации [2, 3].

Математическое и когнитивное моделирование в управлении персоналом.

Современные научные работы по управлению персоналом крупных организаций акцентируют внимание на математическом и методическом обеспечении поддержки принятия решений. В кандидатской диссертации А. И. Бузуева предложены [4]:

- когнитивная модель управления подготовкой персонала;
- методика и алгоритм поддержки принятия решений по формированию системы должностных обязанностей, организации обучения и оценки компетентности.

Аналогичные идеи развиваются в работах по когнитивному моделированию процессов управления персоналом, где вводятся когнитивные карты и причинно-следственные схемы, связывающие такие факторы, как квалификация, мотивация, уровень нагрузки, безопасность труда и технологическая дисциплина [5-7].

Применительно к испытательной пожарной лаборатории такая модель может быть использована для:

- прогнозирования кадровых и временных рисков при планировании испытаний;
- выбора оптимальной схемы распределения сотрудников по экспериментальным установкам с учетом их компетенций, опыта и уровня ПБ;
- разработки интеллектуальной советующей системы (DSS) для руководителя, которая помогает принимать обоснованные решения по подбору, обучению и стимулированию персонала [8].

Мотивация, мотивационное и социально-психологическое управление.

В литературе по мотивационному управлению персоналом рассматривается формирование комплексной системы стимулирования, включающей материальные и нематериальные мотиваторы, а также карьерное планирование. Для специфической среды испытательной пожарной лаборатории эффективно комбинировать:

- материальные стимулы: премии за качество и сроки испытаний, участие в сложных экспериментах;
- непроизводственные стимулы: признание профессиональной экспертизы, участие в методических разработках и стандартах, публикациях, конференциях по пожарной безопасности.

Важным аспектом является учет психологического состояния сотрудников, особенно в условиях высокого уровня стресса, связанных с риском аварий и пожарных инцидентов. В современных HR-исследованиях рекомендуется интеграция психологии труда, эргономики и производственной эстетики в систему управления персоналом, что позволяет повысить комфорт среды и устойчивость к ошибкам [9].

Информационные технологии и поддержка решений.

Внедрение цифровых инструментов (LMS-платформы, системы управления обучением, базы данных персонала) усиливает поддержку управления сотрудниками. На практике это может выражаться в:

- хранении и автоматическом обновлении карточек компетенций и индивидуальных планов обучения;
- ведении электронных журналов допуска к испытаниям и пожарным стендам;
- аналитике нагрузки и рисков по персоналу с помощью интегрированных СМК-систем.

Современные разработки в области когнитивного моделирования предлагают архитектуру информационных систем, в которых на основе когнитивных карт и динамического моделирования формируются сценарии развития персонала и выявляются критические факторы снижения мотивации или соблюдения технологической дисциплины. Такие системы могут быть адаптированы под нужды пожарной лаборатории для:

- прогноза дефицита кадров по ключевым типам испытаний;
- выбора наиболее эффективных форм обучения и распределения заданий.

Поддержка управления персоналом в испытательной пожарной лаборатории представляет собой комплексную задачу, требующую интеграции нормативных, учебно-методических и аналитических подходов. Современные научные разработки в области когнитивного моделирования, систем поддержки принятия решений и мотивационного управления персоналом создают основу для формирования устойчивой системы, обеспечивающей высокий уровень компетентности, соблюдение требований пожарной безопасности и прогнозируемость кадровых процессов.

Дальнейшие исследования в этой области целесообразно направить на:

- разработку отраслевых методик оценки компетенций сотрудников пожарных лабораторий;
- создание специализированных когнитивных моделей и DSS, интегрированных с системами менеджмента качества и рисками пожарных испытаний.

Список источников

1. Процедура управления персоналом в испытательной лаборатории [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – URL: <https://www.glavsert.ru/articles/2164/> (дата обращения: 24.02.2026).
2. Совершенствование процесса обучения персонала в испытательной лаборатории // Молодой ученый. – 2019. – № 42(276). – С. 1–8.
3. Линко. Управление персоналом лаборатории. Процедура [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – URL: <https://linco.ru/Materials/Doc?name=Staff> (дата обращения: 25.02.2026).
4. Бузуев А. И. Математическое и методическое обеспечение поддержки принятия решений в системе управления персоналом крупной организации : дис. канд. техн. наук : 05.13.10 / Бузуев Алексей Игоревич. – Пенза, 2014. – 149 с.
5. Управление персоналом и требования к персоналу испытательной лаборатории [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – URL: <https://www.niceconsulting.ru/services/akkreditaciya-laboratorij/dokumenty-razrabatyvaemye-po-usluge-akkreditaciya-laboratorii> (дата обращения: 24.02.2026).
6. Максимчук И. О. Разработка методики оценки компетентности персонала испытательной лаборатории : магистерская диссертация по направлению / И. О. Максимчук. – [Электронный ресурс]. – URL: <https://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vital:17652> (дата обращения: 26.02.2026).
7. Роль компетентности сотрудников лаборатории в области управления качеством [Электронный ресурс]. // Сайт «КиберЛенинка». – Электрон. дан. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-kompetentnosti-sotrudnikov-laboratorii-v-oblasti-upravleniya-kachestvom-1> (дата обращения: 26.02.2026).
8. Формирование механизма управления персоналом в современной экономической среде: теоретические выкладки и научно-методические аспекты / Сайт 1Economic. – Электрон. дан. – URL: <https://1economic.ru/lib/124127> (дата обращения: 25.02.2026).
9. Motivational management of personnel [Электронный ресурс]. – Dissercat. – Электрон. дан. – URL: <https://www.dissercat.com/content/motivatsionnoe-upravlenie-personalom> (дата обращения: 27.02.2026).

Екатерина Борисовна Кочеткова

Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы испытательная пожарная лаборатория по Ярославской области, Ярославль, Россия (spa-ekaterina@yandex.ru)

Сергей Николаевич Ланин

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия (silica2012@gmail.com, SPIN 4816-8525, ID 52495)

Определение марки выгоревшего бензина по соотношению концентраций его компонентов

Аннотация. В статье представлены результаты идентификации марки выгоревшего автомобильного бензина с использованием метода количественного хроматографического анализа. Установлена зависимость между временем горения и степенью выгорания бензина. Проведена количественная оценка изменения относительных количеств ароматических углеводородов к нормальным алканам входящим в состав бензина в результате выгорания. На основе полученных экспериментальных данных предложены относительные расчетные критерии определения марки выгоревшего автомобильного бензина при сравнении отношения концентраций его компонентов.

Ключевые слова: поджог, интенсификатор горения, бензин, хроматография, компонентный состав, алканы, ароматические углеводороды.

Determining the brand of burnt gasoline based on the concentration ratio of its components

Ekaterina B. Kochetkova

Forensic expert institution of the Federal fire service test fire laboratory in the Yaroslavl region, Yaroslavl, Russia

Sergey N. Lanin

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The article presents the results of possible identification of the brand of burnt-out motor gasoline using the method of quantitative chromatographic analysis. The dependence between the mass of burnt-out gasoline, the burning time and the degree of burning of the combustible liquid is established. A quantitative assessment of the change in the relative amounts of aromatic hydrocarbons to normal alkanes included in the gasoline after burning is carried out. Based on the obtained experimental data, relative calculation criteria for determining the brand of burnt-out motor gasoline are proposed by comparing the ratio of concentrations of its components.

Keywords: arson, combustion intensifier, gasoline, chromatography, component composition, alkanes, aromatic hydrocarbons.

В работе проведен количественный анализ образцов выгоревших автомобильных бензинов методом газожидкостной хроматографии и обоснована возможность идентификации марки выгоревшего бензина при определении соотношений концентраций его компонентов.

К основному и наиболее часто используемому аналитическому методу исследования жидкостей, применяемых в качестве средства поджога, относят хроматографию [1, 2].

На сегодняшний день суть анализа методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ) сводится к исследованию остатков выгоревшей горючей жидкости, экстрагируемой с образцов, изымаемых с мест пожара. Данная модель исследования основывается на обнаружении в исследуемом образце известного набора так называемых реперных компонентов. Так,

например, для идентификации автомобильных бензинов используются термически стабильные п-, м-, о-ксилолы и триалкилбензолы [3, 4].

Сложность анализа остатков горючих жидкостей заключается не только в изменении ее компонентного состава в результате термической деструкции, но и также различной степени выгорания образца. Совершенствование метода газожидкостной хроматографии поднимает вопросы о возможной идентификации горючих жидкостей используя количественный анализ, с целью определения характерных особенностей компонентного состава для определения типа, марки и групповой принадлежности горючей жидкости.

Для идентификации остатков автомобильного бензина, подверженного термическому воздействию провели эксперимент, для которого в качестве объектов исследования выбрали автомобильные бензины марки АИ-92, АИ-95, АИ-100 разных производителей (ПАО «Славнефть-ЯНОС», ПАО «Лукойл» и ПАО «Татнефть»). Получаемые пробы подверженные термическому воздействию сравнивали по степени выгорания, с учетом массы невыгоревшего бензина и среднем времени горения образца. Для получения образцов со степенью выгорания около 99 % каждую пробу бензина в количестве 5 г помещали в керамическую емкость, поджигали и засекали время до полного затухания пламени. Для дальнейшего определения степени выгорания образцы бензина аналогичным образом в количестве 5 г помещали в керамическую емкость, поджигали и засекали время равное половине измеренного времени выгорания около 99 %. Каждый получаемый образец взвешивали, с целью определения остатка бензина. Принимая во внимание сопоставимость экспериментальных данных масса бензина в пробе для соответствующей степени выгорания приведена к среднему значению. Полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Количество бензина в образце в зависимости от степени выгорания (для автомобильных бензинов марок АИ-92, АИ-95, АИ-100 разных производителей)

Степень выгорания, %	Среднее время горения образцов, мин	Масса бензина в пробе, г			
		ЯНОС	Лукойл	Татнефть	Среднее значение
Автомобильный бензин марки АИ-92					
0,0	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00
72,8	2,19	1,41	1,39	1,28	1,36
98,2	4,37	0,09	0,10	0,07	0,09
Автомобильный бензин марки АИ-95					
0,0	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00
83,0	2,05	0,87	0,75	0,93	0,85
98,4	4,09	0,08	0,06	0,09	0,08
Автомобильный бензин марки АИ-100					
0,0	0,00	5,00	5,00	5,00	5,00
78,6	1,59	1,06	1,12	1,02	1,07
99,0	3,16	0,05	0,07	0,02	0,05

На основании экспериментальных данных получили зависимость среднего значения массы бензина в пробе, времени горения и степени выгорания образца для автомобильных бензинов разных марок и производителей. Полученные результаты показали, что для одинаковой степени выгорания масса остатка бензина в пробе для определенного вида топлива независимо от производителя практически идентична. При времени горения образца, составляющего половине времени до полного затухания пламени, количество остатка бензина составляло около 20 % масс.

Учитывая, что массу исходной жидкость, используемую в качестве средства поджога на практике достоверно определить невозможно, для дальнейших исследований

использовалось понятия степени выгорания образца, как относительной величины, зависимой от времени и массы выгоревшей жидкости.

Полученные ранее пробы бензина подверженного термическому воздействию экстрагировали гексаном ОСЧ в количестве по 10 мл для каждого образца и отфильтровывали в стеклянные бюксы.

Хроматографический анализ проводили на хроматографе «Кристалл 5000.1» производства СКБ «Хроматэк», снабженным пламенно-ионизационным детектором при ранее указанных условиях хроматографирования. Условия анализа: давление газа (подвижная фаза) 109 кПа; температур: испарителя 300 °С; детектора 300 °С; начальная температура колонки 40 °С; конечная температура колонки 280 °С; время изотермы 5 мин; скорость подъема температуры 4 °С/мин; подвижная фаза – азот. Объем пробы в зависимости от степени выгорания составил 0,1 мкл для исходного образца и 1 мкл для подверженного термическому воздействию [5].

Полученные результаты хроматографических экспериментов показали, что состав анализируемых видов нефтепродуктов очень близок, вследствие чего идентификация горючей жидкости в виду визуальной схожести хроматограмм часто носит субъективный характер, не имеющий количественного обоснования полученных результатов.

Известно, что автомобильный бензин состоит из соединений разных классов, но основу его составляют *n*-алканы и ароматические углеводороды. Летучесть легких *n*-алканов входящих в состав бензина гораздо выше значений летучести ароматических углеводородов [6]. Вследствие этого, для определения марки выгоревшего бензина по соотношению концентраций его компонентов проанализировали изменения относительных количеств ароматических углеводородов к *n*-парафинам входящим в его состав.

Количественную оценку произошедших изменений провели при сравнении отношений концентраций ароматических углеводородов к легколетучим *n*-алканам (C_{Ai}/C_{Hui}). Для расчета были выбраны две пары отношения концентраций 1,2,4-триметилбензола к нонану и 1,3,5-триметилбензола к ундекану для разной степени выгорания автомобильных бензинов разных марок. Полученные расчеты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения отношений концентраций 1,2,4-триметилбензола к нонану и 1,3,5-триметилбензола к ундекану для автомобильных бензинов марок АИ-92, АИ-95, АИ-100 разных производителей и степени выгорания

Степень выгорания, %	Значение отношения концентраций 1,2,4-триметилбензола к нонану				Значение отношения концентраций 1,3,5-триметилбензола к ундекану			
	ЯНОС	Лукойл	Татнефть	Средн. знач.	ЯНОС	Лукойл	Татнефть	Средн. знач.
Автомобильный бензин марки АИ-92								
0,0	5,1	5,1	5,1	5,1	4,2	4,3	4,2	4,2
72,8	24,1	24,9	23,8	24,3	12,1	12,8	12,0	12,3
98,2	39,1	40,5	38,2	39,4	20,4	21,1	20,1	20,5
Автомобильный бензин марки АИ-95								
0,0	5,8	5,9	5,9	5,9	4,9	4,9	4,8	4,9
83,0	32,4	33,1	32,3	32,6	14,3	15,2	14,3	14,6
98,4	48,1	48,9	48,7	48,6	25,9	27,3	26,0	26,4
Автомобильный бензин марки АИ-100								
0,0	5,5	5,6	5,6	5,6	4,4	4,4	4,3	4,4
78,6	28,3	29,6	28,2	28,7	13,7	14,1	13,0	13,5
99,0	44,8	45,7	44,3	44,9	22,5	23,3	22,1	22,6

Из представленных в табл. 2 результатов следует, что значения отношений концентрации для выбранной пары арена к нормальному алкану при одинаковой степени

выгорания для автомобильного бензина определенной марки будут практически идентичны независимо от производителя.

Вывод:

В результате проведенного эксперимента методом количественного хроматографического анализа установлена зависимость изменения значений отношений концентраций ароматических углеводородов к нормальным алканам, входящих в состав выгоревшего автомобильного бензина.

Полученные экспериментальные данные позволяют количественно обосновать и идентифицировать марку бензина после произошедшего пожара независимо от производителя по соотношению концентраций компонентов, входящих в его состав.

Список источников

1. Принцева М.Ю., Яценко Л.А., Чешко И.Д. Особенности исследования средств поджога методами газожидкостной хроматографии и флуоресцентной спектроскопии при экспертизе пожаров // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. – 2023. – № 4. – С. 20-28.
2. Ляпин П. А., Таратанов Н. А. Газожидкостная хроматография как эффективный метод в установлении инициатора горения // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России, Иваново, 11 декабря 2019 года. – Иваново. 2019. С. 116-120.
3. Кочеткова Е. Б., Ланин С. Н. Влияние пожара и естественного испарения на результаты обнаружения и идентификации компонентного состава автомобильных бензинов // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 3(48). С. 74-82.
4. Шеков А.А. Плотникова Г.В. Факторы, влияющие на обнаружение и идентификацию интенсификаторов горения методом газовой хроматографии // Эксперт-криминалист. 2019. № 1. С. 36-38.
5. Кочеткова Е.Б. Экспериментальное определение времени возникновения пожара при изучении кинетики сохранения остатков светлых нефтепродуктов в объектах-носителях разной природы // Техносверная безопасность. 2023. № 1 (38). С. 61-71.
6. Тазбаев З.Л., Кузьменко М.Ю., Богородская Н.Б., Афанасьев К.В. Способ диагностики бензинов разной степени выгорания на основе результатов газохроматографического анализа // Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XXII Международной научно-практической конференции в 2 частях. 2021. С. 77-82.

Игорь Иванович Галкин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (igor.alkin.2005@inbox.ru)

Никита Игоревич Доморников

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (enzzogtarp02@mail.ru)

Татьяна Павловна Дialeктова

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (tdialektova@yandex.ru, SPIN 6013-2569)

Современные средства тушения пожаров литий-ионных аккумуляторов и их экологические и токсикологические последствия (обзор)

Аннотация. Приведён обзор отечественных и зарубежных исследований, посвящённых тушению пожаров литий-ионных аккумуляторов (Li-ion АКБ) и связанным с этим экологическим и токсикологическим последствиям. Рассмотрены основные типы огнетушащих веществ, применяемых для тушения литий-ионных аккумуляторных батарей (вода, пены, порошковые и газовые составы, специализированные огнетушащие агенты), и их пожарно-технические характеристики. Проанализированы данные о составе газообразных, жидких и твёрдых продуктов, образующихся при пожарах и тушении литий-ионных аккумуляторов, включая тяжёлые металлы, фторид-ион и пер- и полифторалкильные вещества (PFAS). Обсуждаются возможные острые токсические эффекты, а также долговременные экологические риски, связанные с устойчивыми загрязнителями. Отдельное внимание уделено российской нормативной базе в области качества воды и обращения с отходами, а также её соотношению с международными тенденциями регулирования PFAS и других стойких загрязнителей. Показана необходимость перехода к многокритериальному подходу при выборе средств тушения, учитывающему пожарно-технические, токсикологические и экологические факторы, а также адаптации международного опыта к российским условиям.

Ключевые слова: литий-ионные аккумуляторы, пожары, средства тушения, токсичность, PFAS, экологическая безопасность, огнетушащие вещества.

Igor L. Galkin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Nikita I. Domornikov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Tatyana P. Dialektova

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Modern means of extinguishing fires in lithium-ion batteries and their environmental and toxicological consequences (review)

Abstract. This article provides an overview of domestic and foreign research on extinguishing fires in lithium-ion batteries (Li-ion batteries) and the associated environmental and toxicological consequences. It discusses the main types of fire-extinguishing agents used for extinguishing lithium-ion batteries (water, foam, powder, and gas compositions, as well as specialized fire-extinguishing agents) and their fire-technical characteristics. The data on the composition of gaseous, liquid, and solid products generated during fires and extinguishing of lithium-ion batteries, including heavy metals, fluoride ions, and per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), has been analyzed. Possible acute toxic effects, as well as long-term environmental risks associated with persistent pollutants, are

discussed. Special attention is paid to the Russian regulatory framework in the field of water quality and waste management, as well as its correlation with international trends in the regulation of PFAS and other persistent pollutants. The paper demonstrates the need to switch to a multi-criteria approach in the selection of extinguishing agents, taking into account fire-technical, toxicological and environmental factors, as well as the adaptation of international experience to Russian conditions.

Keywords: lithium-ion batteries, fires, extinguishing agents, toxicity, PFAS, environmental safety, fire extinguishing agents.

Стремительное развитие электрохимических систем накопления энергии на основе литий-ионных аккумуляторов (Li-ion АКБ) является одним из ключевых технологических трендов последних десятилетий. Литий-ионные батареи широко применяются в бытовой электронике, электроинструменте, средствах индивидуальной мобильности, электромобилях и стационарных системах накопления энергии [1, 2]. Увеличение установленной ёмкости таких систем сопровождается ростом числа аварийных ситуаций, связанных с термическим разгоном и пожарами, что отражено как в международных, так и в отечественных исследованиях [1, 2, 7].

Пожары литий-ионных аккумуляторов характеризуются сложным, многофакторным характером. Высокая удельная энергия и значительная теплота сгорания сочетаются с возможностью быстрого распространения термического разгона по ячейкам и модулям, а также с образованием токсичных газов и аэрозолей (CO, CO₂, HF, органические вещества, аэрозоли металлов и др.) [2, 7, 8]. Существенную роль играют как острые токсические факторы (вдыхание продуктов горения и термического разложения, контакт с коррозионно-активными средами), так и долговременные экологические последствия, связанные с попаданием загрязняющих веществ в водную среду, почву и образующиеся твёрдые отходы [8–10].

Наиболее распространённые средства тушения Li-ion-пожаров — вода, водяной туман, пенообразующие составы, порошковые и газовые средства, а также специализированные огнетушащие агенты — различаются не только по эффективности подавления пожара и предотвращения распространения термического разгона, но и по характеру формируемых вторичных загрязнений [1, 2, 6, 7]. В литературе фиксируется наличие в огнетушащей воде и твёрдых остатках тяжёлых металлов (Ni, Co, Mn, Li, Al), фторид-ионов, а также пер- и полифторалкильных веществ (PFAS), обладающих высокой устойчивостью и биоперсистентностью [8–11].

В российских условиях выбор средств тушения по-прежнему ориентирован преимущественно на пожарно-техническую эффективность и доступность, в то время как токсикологические и экологические последствия применения того или иного огнетушащего вещества не учитываются. Это создаёт риск переноса части опасностей из области пожарной безопасности в сферу санитарно-гигиенической и экологической безопасности.

Настоящая обзорная статья нацелена на систематизацию сведений о современных подходах к тушению пожаров литий-ионных аккумуляторов и связанных с ними острых и долговременных токсикологических и экологических рисков, с особым акцентом на применимости этих данных к российской нормативной и практической среде.

Постановка проблемы

Современная научная литература по пожарам литий-ионных аккумуляторов условно распадается на два относительно слабо пересекающихся направления.

Первое направление представлено исследованиями, в которых основное внимание уделяется:

- механизмам термического разгона и условиям его инициирования;
- сравнительной эффективности различных средств тушения (воды, пен, порошковых и газовых составов, специальных огнетушащих агентов);
- вопросам предотвращения распространения пожара между ячейками и батарейными модулями.

К таким работам относятся, в частности, обзорная статья в журнале *Energies* [1], обзор в *Journal of Energy Chemistry* [6], обзорная статья в *Journal of the Electrochemical Society* [2], а также ряд специализированных экспериментальных исследований. В них анализируются пожарно-технические характеристики различных огнетушащих веществ, их способность подавлять пламя и охлаждать аккумуляторные ячейки, а также снижать вероятность повторного воспламенения [1, 2, 6, 7].

Второе направление объединяет исследования, посвящённые:

- составу газообразных, жидких и твёрдых продуктов, образующихся при пожарах и испытаниях Li-ion АКБ;
- оценке токсичности и экотоксичности этих продуктов;
- анализу присутствия устойчивых загрязнителей, прежде всего PFAS, а также тяжёлых металлов и фторид-ионов в огнетушащей воде и осадках [8–11].

Сюда относятся, в частности, работы по составу и экотоксичности огнетушащей воды после пожаров батарей и электромобилей [9, 10], по составу стоков при тушении модулей Li-ion АКБ [9], по загрязнению атмосферного воздуха и стоков при пожарах мусоровозов с Li-ion-отходами [8], а также исследования PFAS в сажевых остатках после термического разгона [11] и PFAS-содержащих компонентов самих литий-ионных батарей [12].

Указанные два направления исследований редко интегрируются в единую аналитическую рамку, в которой выбор огнетушащего вещества оценивался бы одновременно с точки зрения острой токсичности (продукты разложения электролитов и катодных материалов, газовая фаза, аэрозоли, растворённые ионы тяжёлых металлов) и долговременной экологической нагрузки (накопление PFAS и других устойчивых соединений в водной среде и твёрдых отходах) [9–13].

В российских условиях данный разрыв усугубляется тем, что:

- пожарно-техническая нормативная база преимущественно регламентирует выбор средств тушения по критериям эффективности подавления пожара и безопасности применения;
- санитарные и экологические нормативы жёстко ограничивают содержание ряда загрязнителей в воде и отходах (в том числе тяжёлых металлов и фторид-ионов), но напрямую не учитывают специфические риски, связанные с продуктами горения Li-ion АКБ и использованием некоторых типов огнетушащих веществ [3, 4, 5].

В результате решения, оптимальные с точки зрения оперативного пожаротушения, могут оказываться экологически неблагоприятными и создавать дополнительные риски для здоровья населения и окружающей среды.

Цель и задачи обзора

Целью настоящей обзорной статьи является комплексный анализ экологических и токсикологических последствия применения различных средств тушения при пожарах литий-ионных аккумуляторов, включающий учёт:

- образования остро токсичных металлических и газообразных соединений;
- формирования устойчивых фторорганических загрязнителей (PFAS);
- соответствия выявленных рисков действующим российским нормативным требованиям и практикам тушения.

Для достижения указанной цели поставлены следующие задачи:

- систематизировать на основе международной и отечественной литературы сведения о применяемых к Li-ion АКБ средствах тушения и их пожарно-технических характеристиках [1, 2, 6, 7];
- обобщить данные о составе газовых, жидких и твёрдых продуктов, образующихся при пожарах и тушении Li-ion АКБ, с акцентом на тяжёлые металлы, фторид-ион и PFAS [8–11];
- сопоставить типичные уровни загрязнителей в огнетушащей воде и осадках с российскими санитарными и экологическими нормативами, проанализировать потенциальную необходимость обращения с такими стоками как с опасными отходами [3, 4, 5, 8–10];

- обсудить возможность многокритериальной оценки средств тушения, учитывающей одновременно пожарно-технические, токсикологические и экологические критерии, и наметить направления адаптации существующих практик тушения в российском контексте [1, 2, 6–13].

Средства тушения литий-ионных аккумуляторов: классификация и пожарно-технические аспекты:

Вода и водяной туман. Вода традиционно рассматривается как одно из базовых средств тушения благодаря высокой теплоёмкости, доступности и отработанным методикам применения. Обзорные и экспериментальные работы, в том числе статья в *Energies* [1], обзор по огнетушащим агентам [6] и недавние исследования по динамике пламени и его подавлению [7], подчёркивают важную роль воды в охлаждении аккумуляторных ячеек и подавлении пламени при пожарах Li-ion АКБ. Использование водяного тумана позволяет повысить эффективность теплоотвода и снизить расход воды [1, 7].

В то же время отмечаются ограничения, связанные с возможностью выделения коррозионно-активных газов (HF и др.) и образованием загрязнённых стоков, содержащих растворённые ионы металлов и продукты разложения органических компонентов батареи. Полевые и крупномасштабные испытания показывают, что огнетушащая вода после тушения Li-ion АКБ может содержать алюминий, медь, марганец, никель, литий и фторид-ион в концентрациях, превышающих экологические нормативы для поверхностных вод [8–10].

Пены. Пенные составы (в том числе фторсодержащие и фторсвободные) широко применяются для тушения пожаров жидких горючих веществ и сложных очагов. Часть обзорных и экспериментальных работ по Li-ion-пожарам рассматривает возможность их использования и в данном контексте [1, 2, 6]. Фторсодержащие пены обладают особыми плёнообразующими свойствами, однако в последние годы усиливается внимание к их возможному вкладу в PFAS-загрязнение, в том числе через огнетушащую воду [10, 13]. В ответ на это активно разрабатываются и внедряются фторсвободные пенообразователи, рассматриваемые как более благоприятные с экологической точки зрения альтернативы, хотя вопросы их сравнительной эффективности при тушении Li-ion-пожаров изучены не в полной мере [2, 6].

Порошковые и газовые составы. Порошковые огнетушащие составы и газовые средства (включая инертные газы и отдельные фторуглеродные агенты) также упоминаются как возможные средства тушения Li-ion АКБ [1, 2, 6]. Они обладают преимуществами в части электрической безопасности и локального ингибирующего воздействия, но ограничены в способности обеспечивать глубокое охлаждение батарей, что может способствовать повторным возгораниям и развитию термического разгона [2, 7].

Специализированные огнетушащие агенты. Отдельный класс составов представлен специализированными агентами (мицеллярные инкапсулирующие растворы, водные дисперсии минеральных частиц, высококипящие диэлектрические жидкости и др.), разрабатываемыми специально для тушения и охлаждения Li-ion АКБ [2, 6]. В ряде экспериментальных работ анализируются особенности их воздействия на процесс термического разгона и параметры тушения, включая подавление пламени и предотвращение повторного воспламенения [2, 6, 7]. Вопросы токсичности и экологичности продуктов, образующихся при их применении, изучены недостаточно и требуют дальнейшего анализа, в том числе с учётом возможного содержания фторорганических компонентов [10–13].

Острые токсические факторы

Литий-ионные аккумуляторы содержат широкий спектр неорганических и органических компонентов: переходные металлы в составе катодных материалов (Ni, Co, Mn и др.), соли лития, органические растворители и добавки в электролите, полимерные связующие и сепараторы. При термическом разложении и горении эти компоненты формируют сложную газовую и аэрозольную смесь, включающую:

- оксид углерода (CO) и диоксид углерода (CO₂);
- фтороводород (HF) и другие соединения фтора;

- пары и аэрозоли органических соединений;
- твёрдые и жидкие частицы, содержащие металлы и продукты их превращений [2, 7, 8].

Крупномасштабные испытания пожаров электромобилей, батарейных модулей и мусоровозов с Li-ion-отходами подтверждают возможность формирования высоких концентраций HF, CO, SO₂ и ряда летучих органических соединений, а также вынесения в окружающую среду частиц, обогащённых металлами батарей [8–10].

В ряде исследований подчёркивается, что при термическом разложении катодных материалов возможны образование и перенос соединений на основе никеля, кобальта и марганца, которые вносят вклад в острую и экотоксичность, прежде всего через загрязнение огнетушащей воды и аэрозольных частиц [9, 10]. Точные концентрации и временные профили таких соединений в реальных сценариях пожара зависят от температуры, доступа кислорода, конструкции батарей и характера огнетушащего воздействия и на сегодняшний день остаются предметом научной дискуссии.

Выбор средств тушения влияет на термодинамику и кинетику процессов разложения, а значит — на состав и распределение острых токсикантов между газовой и жидкой фазами. Однако большинство работ, посвящённых тушению, ограничивается оценкой пожарно-технических параметров, а подробные данные по газовой токсикологии при использовании конкретных огнетушащих веществ остаются ограниченными [1, 2, 6–8].

Устойчивые загрязнители (PFAS) и экологические риски

Помимо острых токсических факторов, всё большее внимание привлекает проблема устойчивых фторорганических загрязнителей — пер- и полифторалкильных веществ (PFAS). Эти соединения могут присутствовать:

- в компонентах литий-ионных аккумуляторов (электролиты, полимерные материалы, добавки, соли и др.) [12];
- в составе некоторых огнетушащих пен и специальных средств;
- в продуктах разложения фторорганических веществ при высоких температурах [10–12].

Экспериментальные работы, выполненные на пожарах и испытаниях Li-ion АКБ и электромобилей, демонстрируют наличие PFAS в огнетушащей воде, а также в сажи и твёрдых остатках [9–11]. При тушении батарейных модулей водой во фракциях стоков фиксируются PFAS в диапазоне сотен нг/л, причём промывка батареи приводит к росту концентраций PFAS до нескольких мкг/л [10]. В сажевых остатках после термического разгона Li-ion-ячеек обнаруживаются PFAS с концентрациями порядка десятков сотен нг/г сажи [11]. Полевые исследования, выполненные вблизи производств и утилизации литий-ионных батарей, показывают присутствие специфического подкласса PFAS в почве, донных отложениях и поверхностных водах на уровнях, сопоставимых с запрещёнными [12].

PFAS отличаются высокой химической и термической устойчивостью, склонностью к биоаккумуляции и широкому глобальному распространению, что отражено в современных международных оценках риска и обсуждении PFAS как класса веществ [11–13]. В ряде стран разрабатываются и внедряются регламенты по ограничению применения PFAS-содержащих огнетушащих пен и по контролю PFAS в питьевой воде и сточных водах [13].

В отечественной нормативной базе вопросы PFAS пока напрямую практически не отражены: действующие гигиенические нормативы качества воды устанавливают ПДК для широкого спектра неорганических и ряда органических веществ, но для многих PFAS предельно допустимые концентрации не определены [3, 4]. Это создаёт потенциал для регуляторного запаздывания на фоне роста масштабов применения Li-ion АКБ и связанных с ними сценариев пожаров.

Российская нормативная и практическая база.

Российская система нормирования качества воды и обращения с отходами включает разветвлённую систему предельно допустимых концентраций для тяжёлых металлов, фторид-ионов и ряда органических загрязнителей в поверхностных и сточных водах [3, 4], а

также критерии отнесения отходов к классам опасности [5]. Эти нормы формировались в основном для традиционных источников загрязнения и пока в ограниченной степени учитывают специфические риски, связанные с продуктами пожаров литий-ионных аккумуляторов и возможным содержанием PFAS.

На основе данных крупномасштабных и полуполевых испытаний [8–10] и действующих российских гигиенических нормативов качества воды [3, 4] были сопоставлены максимальные измеренные концентрации ряда приоритетных загрязнителей в огнетушащей воде с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (табл. 1). Для сопоставления использовались ПДК для элемента (F, Li, Al, Ni, Mn, Co, Cu), установленные гигиеническими нормативами.

Таблица – Сопоставление максимальных концентраций загрязнителей в огнетушащей воде при пожарах Li-ion АКБ с российскими ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно бытового водопользования

Показатель	Максимальные концентрации в огнетушащей воде по данным [8–10]*	Российский норматив ПДК [3, 4]	Оценка превышения ПДК
F ⁻ (фторид ион)	До 142 мг/л (модульные испытания Li ion NMC модулей: модуль А, тест 1 — 142 мг/л; модуль В — 91,6–93,7 мг/л [9]; 12–20 мг/л для испытаний BEV и батареи, с ростом до 70 мг/л после промывки батареи [10]; около 6 мг/л в стоках при пожаре мусоровоза с отходами Li ion АКБ [8])	Фтор (F): 1,5 мг/л (климатические районы I–II); 1,2 и 0,7 мг/л для районов III и IV	Ориентировочно от 4 до 100 раз (в зависимости от климатического норматива)
Li (литий)	До 360 мг/л (модуль В, испытания NMC модуля [9]); 27,8–44,5 мг/л (модуль А [9]); 30 и 110 мг/л в огнетушащей воде для BEV и отдельного батарейного блока соответственно [10]	0,03 мг/л (Li)	Ориентировочно 1,2×10 ⁴ раз
Ni (никель)	До 49,0 мг/л (модуль А, тест 3, и модуль В, [9]); 3,25 мг/л (модуль А, тест 2, [9]); около 2,56 мг/л в пожарных стоках от мусоровозов [8]	0,02 мг/л (Ni)	Примерно от 100 до 2500 раз
Mn (марганец)	До 17,0 мг/л (модуль А, тест 3, [9]); 1,22 мг/л (модуль А, тест 2, [9]); около 3,76 мг/л в стоках мусоровозов [8]	0,1 мг/л (Mn)	Около 12–170 раз
Co (кобальт)	До 12,8 мг/л (модуль А, тест 2, [8]); 7,07 мг/л (модуль В, [8])	0,1 мг/л (Co)	До 130 раз
Al (алюминий)	До 74,2 мг/л (модуль А, тест 1, [9]); 29,3–73,9 мг/л (другие тесты [9]); около	0,2 мг/л (Al); допускается до 0,5 мг/л решением	Ориентировочно 12–370 раз (по

	2,48 мг/л в стоках мусоровозов [8]	главного государственного санитарного врача по конкретной системе водоснабжения)	отношению к 0,2 мг/л)
Cu (медь)	До 4,18 мг/л (модуль В, [9]); 0,26–0,30 мг/л (модуль А, [9]); около 2,38 мг/л в стоках мусоровозов [8]	1,0 мг/л (Cu)	В среднем примерно 2–4 раза
ΣPFAS (суммарная концентрация PFAS)	Суммарные концентрации PFAS в огнетушащей воде после крупных испытаний BEV и батарей: порядка 1,4 мкг/л (1400 нг/л) в стоках от BEV и до ≈4,7 мкг/л (4700 нг/л) после промывки батарейного блока водой [10]	Для большинства PFAS ПДК не установлены	Формально превышения ПДК в РФ не фиксируются (отсутствие норматива);

*В таблицу включены максимальные значения для рассмотренных в [8–10] сценариев:

- полуполевыми испытаниями с пожаром мусоровоза, заполненного отходами с Li-ion аккумуляторами [8];
- модульные крупномасштабные испытания Li-ion модулей с водяным тушением [9];
- крупномасштабные пожарные испытания отдельного батарейного блока с анализом огнетушащей воды [10].

Как следует из данных табл. 1, концентрации характерных для литий-ионных батарей металлов (Li, Ni, Mn, Co, Al) и фторид-ионов в огнетушащей воде во всех рассмотренных сценариях на порядки превышают российские ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Это указывает на то, что даже при единичных пожарах Li-ion АКБ огнетушащую воду следует рассматривать как потенциально опасные сточные воды, требующие локального сбора и последующей очистки либо обращения как с отходами высоких классов опасности, что в настоящее время непосредственно не регламентировано пожарно-технической документацией [3, 4, 5, 8–10].

Пожарно-техническая нормативная база детально регламентирует выбор средств тушения для различных классов пожаров и объектов защиты, однако практически не содержит требований по оценке состава и опасности сточных вод, образующихся при тушении Li-ion АКБ. На практике при тушении пожаров основное внимание уделяется оперативному подавлению горения и предотвращению его распространения; образующиеся стоки часто рассматриваются как обычные пожарные стоки и далеко не всегда подвергаются специальному сбору и очистке.

Сопоставление имеющихся экспериментальных данных по концентрациям металлов, фторид-ионов и PFAS в огнетушащей воде после пожаров Li-ion АКБ с российскими нормативами по качеству воды и критериям отнесения отходов к классам опасности позволяет предположить, что в ряде сценариев такие стоки могут относиться к категории, требующей специального обращения (как опасные отходы). Для обоснованных выводов необходимы целенаправленные экспериментальные исследования в условиях, приближённых к российской практике тушения, а также нормативный анализ с учётом международных тенденций регулирования PFAS.

Обсуждение.

Совокупность рассмотренных данных указывает на необходимость перехода от однокритериального выбора средств тушения (по эффективности подавления пожара) к многокритериальному подходу, включающему:

- пожарно-технические критерии (скорость тушения, предотвращение повторного возгорания, безопасность для пожарных) [1, 2, 6, 7];
- токсикологические критерии (состав и токсичность газовой и аэрозольной фаз, присутствие остро токсичных соединений металлов и фтороводорода) [2, 7, 8];
- экологические критерии (состав и опасность огнетушащей воды и твёрдых остатков, наличие PFAS и других устойчивых загрязнителей) [8–13];
- эксплуатационные и экономические характеристики (доступность средств, сложность применения, стоимость оборудования и обслуживания).

Существующие обзоры и экспериментальные работы дают достаточно полную картину по пожарно-технической эффективности и частично — по острым токсическим факторам [1, 2, 6–8], но существенно менее полно освещают аспект устойчивых загрязнителей, особенно в привязке к национальным нормативам. Для российских условий целесообразно:

- идентифицировать сценарии, в которых тушение Li-ion АКБ приводит к заведомо значимому загрязнению стоков тяжёлыми металлами, фторид-ионами и PFAS, и предусмотреть меры по их сбору и очистке;
- при выборе между фторсодержащими и фторсвободными средствами тушения учитывать не только пожарно-технические, но и PFAS-связанные опасности [10–13];
- рассмотреть возможность включения требований по обращению с огнетушащей водой и осадками после пожаров Li-ion АКБ в методики расчёта пожарного риска и технологические регламенты для объектов с крупными батарейными системами.

Заключение

Пожары литий-ионных аккумуляторов представляют собой комплексную угрозу, включающую как острые токсические факторы, так и долговременную экологическую нагрузку. Обзор существующей литературы показывает, что:

- современные средства тушения Li-ion АКБ существенно различаются по пожарно-технической эффективности, но также различаются по профилю формируемых загрязнений [1, 2, 6–8];
- в огнетушащей воде и твёрдых остатках после пожаров и испытаний Li-ion АКБ могут присутствовать значимые количества тяжёлых металлов, фторид-ионов и PFAS [8–11];
- международная научная и регуляторная повестка всё активнее учитывает риски, связанные с PFAS, тогда как российская нормативная база пока в ограниченной степени отражает эти аспекты [3, 4, 11–13].

В этой связи представляется необходимым:

- развивать экспериментальные исследования, направленные на количественную оценку состава стоков и осадков при использовании различных средств тушения в условиях, характерных для российской практики [8–10];
- интегрировать результаты таких исследований в систему пожарно-технических и экологических нормативов [3, 4];
- переходить к выбору средств тушения Li-ion АКБ на основе многокритериального анализа, включающего как эффективность тушения, так и токсикологические и экологические последствия [1, 2, 6–13].

Обзор демонстрирует необходимость системного подхода к оценке последствий применения различных средств тушения при пожарах литий-ионных аккумуляторов и может служить основой для дальнейших, более детальных исследований в данной области.

Список источников

1. Ghiji M., Novozhilov V., Moinuddin K., Joseph P., Burch I., Suendermann B., Gamble G. A Review of Lithium-Ion Battery Fire Suppression // *Energies*. – 2020. – Vol. 13, No. 19. – Art. 5117. – DOI 10.3390/en13195117.

2. Majeed F., Jamal H., Kamran U., Noman M., Ali M. M., Shahzad T., Baig M. M., Akhtar F. Review–Recent Advances in Fire-Suppressing Agents for Mitigating Lithium-Ion Battery Fires // *Journal of The Electrochemical Society*. – 2024. – Vol. 171, No. 6. – Art. 060522. – DOI 10.1149/1945-7111/ad5620.
3. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: гигиенические нормативы. – Введ. 15.06.2003. – М.: Минздрав России, 2003;
4. ГН 2.1.5.2280-07. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03. – Утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2007 № 75.
5. Об утверждении критериев отнесения отходов к I–V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду: приказ Минприроды России от 31.03.2025 № 158 (зарегистрирован в Минюсте России 29.04.2025 № 82010).
6. Yuan S., Chang C., Yan S., Zhou P., Qian X., Yuan M., Liu K. A Review of Fire-Extinguishing Agent on Suppressing Lithium-Ion Batteries Fire // *Journal of Energy Chemistry*. – 2021. – Vol. 62. – P. 262–280. – DOI 10.1016/j.jechem.2021.03.031.
7. Mao Y., Chen Y., Chen M. Review of Flame Behavior and Its Suppression during Thermal Runaway in Lithium-Ion Batteries // *Batteries*. – 2024. – Vol. 10, No. 9. – Art. 307. – DOI 10.3390/batteries10090307.
8. Jalali H., Collie L., Baroutian S. Air Emissions & Firewater Runoff Contamination from Lithium-Ion Battery Fires in Rubbish Trucks // *Environmental Pollution*. – 2026. – Vol. 389. – Art. 127437. – DOI 10.1016/j.envpol.2025.127437.
9. Arnaud B., Papin A., Marlair G., Claude T., El-Masri A., Durussel T., Bertrand J.-P., Truchot B., Lecocq A. Assessment of Run-Off Waters Resulting from Lithium-Ion Battery Fire-Fighting Operations // *Batteries*. – 2024. – Vol. 10, No. 4. – Art. 118. – DOI 10.3390/batteries10040118.
10. Quant M., Willstrand O., Mallin T., Hynynen J. Ecotoxicity Evaluation of Fire-Extinguishing Water from Large-Scale Battery and Battery Electric Vehicle Fire Tests // *Environmental Science & Technology*. – 2023. – Vol. 57, No. 12. – P. 4821–4830. – DOI 10.1021/acs.est.2c08581.
11. Willstrand O., Quant M., Hynynen J. Contaminations from Lithium-Ion Battery Fires—Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Soot // *Fire Technology*. – 2025. – Vol. 61. – P. 2889–2899. – DOI 10.1007/s10694-025-01708-y.
12. Guelfo J. L., Ferguson P. L., Beck J., Chernick M., Doria-Manzur A., Faught P., Flug T., Gray E., Jayasundara N., Knappe D. R. U. et al. Lithium-Ion Battery Components Are at the Nexus of Sustainable Energy and Environmental Release of Per- and Polyfluoroalkyl Substances // *Nature Communications*. – 2024. – Vol. 15. – Art. 5548. – DOI 10.1038/s41467-024-49753-5.
13. Cousins I. T., Johansson J. H., Salter M. E., Sha B., Scherlinger M. Outside the Safe Operating Space of a New Planetary Boundary for Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) // *Environmental Science & Technology*. – 2022. – Vol. 56, No. 17. – P. 11172–11179. – DOI 10.1021/acs.est.2c02765.

УДК 343.983.3
ББК 30.13

Сергей Григорьевич Ивахнюк

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России МЧС России», Санкт-Петербург, Россия (sgi78@mail.ru, SPIN 2144-4276, ID: 708424)

Алена Владимировна Бякова

СПСЧ №72 СО № 19 ФГКУ «Специальное управление № 72 МЧС России», Сосновый Бор, Ленинградская область, Россия (01enchik02@mail.ru)

Владимир Сергеевич Шарапов

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России МЧС России», Санкт-Петербург, Россия (vc.sharapov@yandex.ru, SPIN 2081-4735, ID: 1148724)

Способ выявления признаков взрыва заряда конденсированного взрывчатого вещества на конструкциях из алюминия и титана

Аннотация. В статье представлены сведения о возможности образования карбидов отдельных металлов в полях воздействия экстремальных температур. Предложен способ, позволяющий использовать информацию о диагностировании карбидов на узлах и деталях металлических конструкций, находящихся в области поражения опасными факторами взрыва, для целей и задач судебных инженерно-технических экспертиз.

Ключевые слова: карбид алюминия, карбид титана, определение природы взрыва, судебная инженерно-техническая экспертиза

Sergey G. Ivakhnyuk

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

Alena V. Byakova

Special Directorate No. 72 of EMERCOM of Russia, Sosnovy Bor, Leningrad Region, Russia

Vladimir S. Sharapov

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

A method for detecting signs of explosion of a condensed explosive charge on structures made of aluminum and titanium

Abstract. The article provides information on the possibility of the formation of carbides of individual metals in the fields of exposure to extreme temperatures. A method is proposed that makes it possible to use information on the diagnosis of carbides on nodes and parts of metal structures located in the area affected by explosive hazards for the purposes and tasks of forensic engineering and technical examinations.

Keywords: aluminum carbide, titanium carbide, determination of the nature of the explosion, forensic engineering expertise.

Общепринятая в настоящее время методология определения природы аварийных и криминальных взрывов (физический, химический или BLEVE) и типа примененного взрывчатого вещества (метательное, инициирующее, бризантное, пиротехнические составы) базируется на выявлении специфической следовой картины при осмотрах места происшествия, а также на использовании инструментальных методов в отношении следопринимающих объектов.

В большинстве своем они заключаются в применении методов оптической и электронной микроскопии к контактирующим с зарядом взрывчатого вещества поверхностям, а также различных аналитических методов (тонкослойная хроматография, ВЭЖХ, ГЖХ, ИК-спектроскопия) в отношении микроколичеств непрореагировавшего взрывчатого вещества [1,

2].

Аналогичные процедуры производятся при исследовании фрагментов и частей потерпевших крушение самолетов, надводных и подводных судов и кораблей, нештатно сработавших образцов ракетной техники, а также технологических сосудов и узлов трубопроводов, элементы конструкций которых изготовлены из алюминия или титана.

При проведении подобных исследований необходимо учитывать, что специфические для взрыва конденсированных взрывчатых веществ повреждения контактирующих с зарядом металлических поверхностей могут нивелироваться при деформации и разрушении конструктивных элементов в момент их разлета, падения и встречи с преградой, а микроколичества непрореагировавшего взрывчатого вещества могут быть утеряны вследствие агрессивного воздействия различных природных климатических факторов или, например, морской воды.

В свою очередь, уничтожение следовой картины приведет к невозможности наполнения доказательной базы и значительно усложнит процедуру уголовно-правовой оценки происшествия, например, в части определения того, что имело место быть: техногенная авария (например, взрыв топливно-воздушной смеси) или террористический акт с применением зарядов конденсированных взрывчатых веществ. Указанный выше вопрос – один из первых и наиважнейших, которые приходится в оперативном порядке решать следователям, дознавателям и экспертам-криминалистам.

Таким образом, к общим недостаткам существующей методологии можно смело отнести значительную вероятность утери целевой следовой картины в результате комплекса механических воздействий, сопутствующего взрыву, или воздействия на нее агрессивных сред, а также регламентная необходимость незамедлительной фиксации следовой обстановки в целях обеспечения ее сохранности в связи с высокими рисками уничтожения в результате процессов временной и биологической деградации.

Разработанный авторами способ способствует повышению объективности и достоверности результатов исследований, направленных на выявление признаков взрыва заряда бризантного взрывчатого вещества на конструкциях из алюминия и титана, а также увеличению экспрессности проводимых исследований, в том числе, за счет упрощения пробоподготовки.

Основными особенностями и преимуществами предлагаемого способа является то, что:

- в качестве диагностирующих признаков срабатывания зарядов бризантных взрывчатых веществ на конструкциях из алюминия и титана применяются сведения об обнаружении в них карбидов соответствующих металлов;
- используются неразрушающие методы аналитических исследований.

Суть реализации предлагаемого способа заключается в том, что для карбидов алюминия и титана характерна высокая температура синтеза, порядка 2 000 и 2 700 °С соответственно. Указанные температуры могут быть достигнуты в результате контактных с поверхностью металла взрывов наиболее распространенных бризантных взрывчатых веществ. Таким образом, нахождение конструкций из алюминия и титана в полях экстремальных температур и давлений, сопровождающих взрывы указанных веществ, будет способствовать образованию карбидов алюминия и титана [3, 4].

Сравнительный анализ технологических условий образования карбидов с параметрами взрыва представлен на рисунке 1.

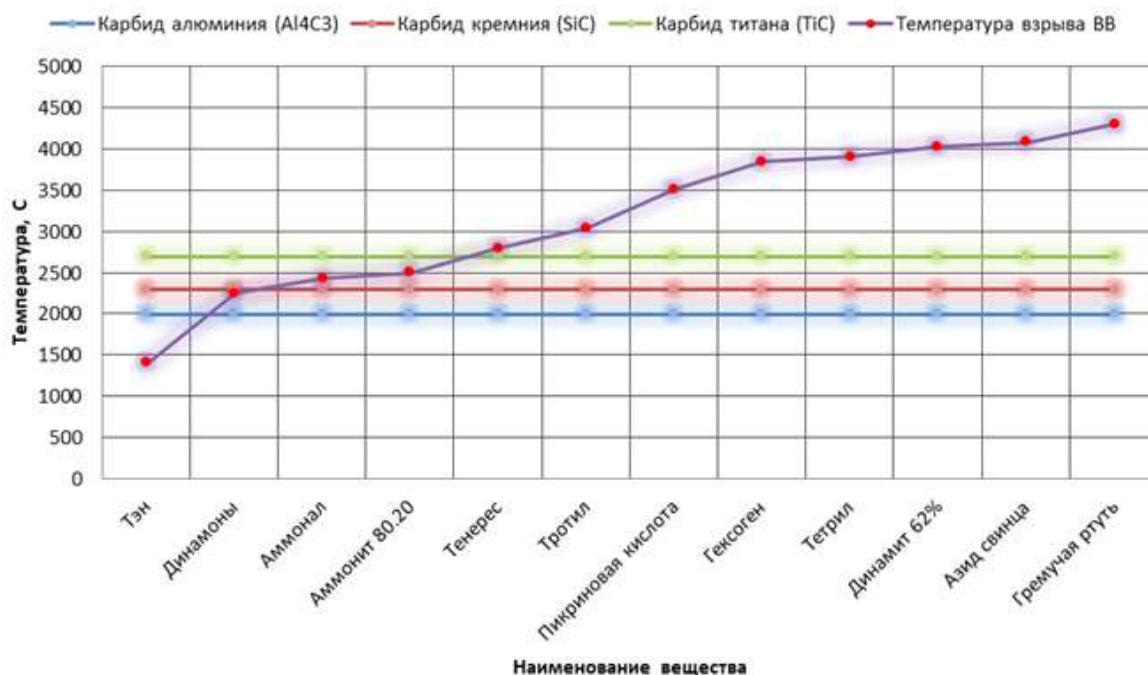


Рисунок 1 – Сравнительный анализ технологических условий образования карбидов с параметрами взрыва

Карбиды алюминия и титана в настоящее время широко доступны к диагностированию эффективными аналитическими методами, например, методами качественного рентгенофазового анализа и рамановской спектроскопии.

Разработанный способ выявления признаков взрыва заряда бризантного взрывчатого вещества на конструкциях из алюминия и титана заключается в диагностировании аналитическими инструментальными методами карбидов алюминия и титана в пробах материала конструктивных элементов различных объектов, изготовленных из указанных металлов, находящихся в момент взрыва вблизи его центра (контактный подрыв).

Обнаружение или отсутствие карбидов алюминия или титана на исследуемых объектах будет свидетельствовать о степени обоснованности версии о применении зарядов бризантных взрывчатых веществ.

В качестве примера практической реализации ниже приведены результаты двух экспериментов.

Исследовались два образца – цилиндрическая алюминиевая трубка толщиной стенки 2 мм и внутренним диаметром 25 мм и пластина в форме параллелепипеда размерами 20 x 30 x 5 мм из титанового сплава.

На оба образца воздействовали контактным подрывом заряда бризантного взрывчатого вещества массой около 1 г.

Образец из алюминия подвергался исследованию методом качественного рентгенофазового анализа. В результате исследования были получены три рентгенограммы, выполненные в различных диапазонах углов. Измерения проводились на рентгеновском дифрактометре «Радиан» с медной трубкой, шагом 0,05 и экспозицией 2 секунды. Одна рентгенограмма выполнена в диапазоне от 20 до 70 градусов (Рис. 2) и две рентгенограммы в диапазоне от 20 до 90 градусов. Полученные рентгенограммы были подвергнуты обработке с помощью специального программного обеспечения Match!3, предназначенного для расшифровки рентгенограмм. Результаты анализа представлены в виде подробного описания качественного состава вещества и всех фазовых компонентов исследуемой среды (Рис. 3).

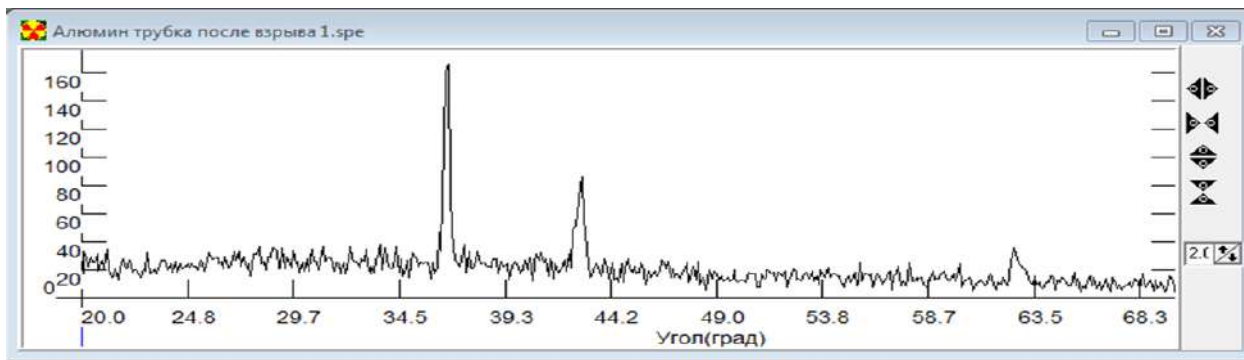


Рисунок 2 – Рентгенограмма, выполненная в диапазоне от 20 до 70 градусов

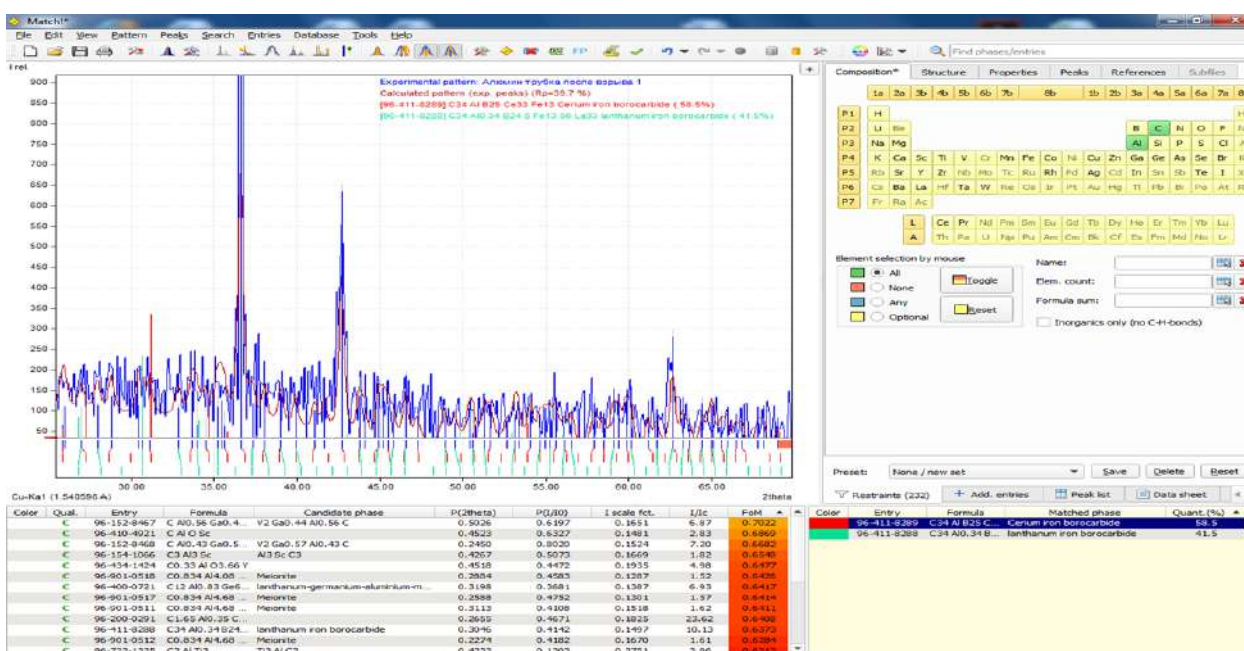


Рисунок 3 – Результат обработки полученной рентгенограммы

Проведенное исследование подтвердило присутствие в образце карбидных компонентов. Дополнительно производился качественный рентгенофазовый анализ участка алюминиевого профиля, не подвергавшегося воздействию факторов взрыва. В результате обработки полученных рентгенограмм карбидов алюминия на нем обнаружено не было.

Образец из титанового сплава подвергался исследованию методом рамановской спектроскопии. Исследование проводилось на установке «NTEGRA Spectra», на универсальной измерительной головке «SNA&AFM» с длиной волны лазера 633 и 532 нм. Результаты исследования показали, что на образцах, подверженных взрывному воздействию регистрировался дополнительный пик с максимумом 1324 см⁻¹, которые отсутствовали в контрольных образцах (Рис. 4). Данные спектры согласно результатам зарубежных исследований соответствуют валентным колебаниям карбида титана [5, 6].

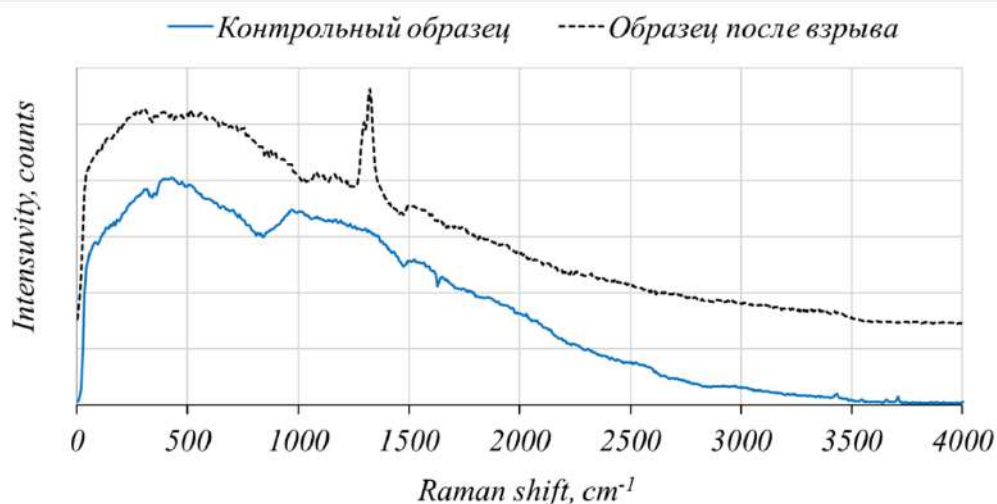


Рисунок 4 – Результат исследования методом рамановской спектроскопии

Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения разработанного способа в целях выявления признаков взрыва заряда конденсированного взрывчатого вещества на конструкциях из алюминия и титана.

Список источников

1. Дильдин Ю.М. Место взрыва как объект криминалистического исследования: учебное пособие. – Ю.М. Дильдин, В.В. Мартынов, А.Ю. Семенов, А.Д. Стецкевич. – М.: ЭКЦ МВД России, 1995. – 98 с.
2. Криминалистика : учебник для вузов / А. И. Бастрыкин, А. А. Бессонов, Д. В. Алехин [и др.]. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 643 с. – ISBN 978-5-534-17759-6.).
3. Кизунов, И.А. К оценке возможности применения методики идентификации взрывчатых материалов на объектах транспортной инфраструктуры / И.А. Кизунов, Г.К. Ивахнюк, С.Г. Ивахнюк // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2016. – № 4. – С. 13-21.
4. Кизунов, И.А. Основы методики идентификации карбидов металлов, образующихся при экстремальных процессах, и ее применение при расследовании происшествий по фактам взрывов / И.А. Кизунов, С.Г. Ивахнюк // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2017. – № 1-2(103-104). – С. 78-84
5. Sánchez-López J. C. et al. Tribological behaviour of titanium carbide/amorphous carbon nanocomposite coatings: from macro to the micro-scale //Surface and Coatings technology. – 2008. – Т. 202. – №. 16. – С. 4011-4018.
6. Polini R. et al. Raman spectroscopy characterization of diamond films on steel substrates with titanium carbide arc-plated interlayer //Thin Solid Films. – 2006. – Т. 515. – №. 3. – С. 1011-1016.

Секция 3

Средства пожаротушения

УДК 614.844.2
ББК 68.923

Евгений Николаевич Тужиков

ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», Екатеринбург, Россия (fireman87@bk.ru, SPIN 4094-2190, ID: 759898)

Станислав Владимирович Балаба

ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», Екатеринбург, Россия (balabalasv@gmail.com, SPIN 7810-9271)

Алина Юрьевна Макаренко

ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», Екатеринбург, Россия (aalina.makarenko@yandex.ru)

Пожарная безопасность библиотек: сохранение особо ценных изданий

Аннотация. В статье проанализированы основные факторы риска в пожарной безопасности библиотек, благодаря которым происходит быстрое распространение пламени по периметру, причины пожаров, системы пожаротушения и технические средства противопожарной защиты, используемые в современном мире. Описывается опыт использования самоактивируемых микрокапсул с огнетушащим реагентами для защиты особо ценных изданий от пожара.

Ключевые слова: ценные издания, библиотек, пожарная безопасность, фактор риска, пожаротушение.

Evgeny N. Tuzhikov

Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg, Russia

Stanislav V. Balaba

Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg, Russia

Alina Y. Makarenko

Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg, Russia

Fire safety of libraries: preservation of especially valuable publications

Abstract. The article analyzes the main risk factors in fire safety of libraries, due to which there is a rapid spread of the flame along the perimeter, causes of fires, fire extinguishing systems and technical means of fire protection used in the modern world. The experience of using self-activating microcapsules with fire extinguishing reagents for protection of especially valuable publications from fire is described.

Keywords: valuable publications, libraries, fire safety, risk factor, fire extinguishing.

Библиотеки как хранилища культурного наследия представляют особую ценность с точки зрения пожарной безопасности. Уникальные книжные фонды, архивные материалы и электронные носители информации требуют комплексной защиты от возгораний. Актуальность темы обусловлена высокой пожарной нагрузкой в зданиях и помещениях библиотек (бумага, древесина, полимерные материалы), необходимостью сохранения ценных изданий, массовым пребыванием посетителей, сложностью эвакуации объемных книжных фондов. Целью исследования стала систематизация современных подходов к обеспечению пожарной безопасности в библиотеках.

Основными факторами риска пожарной безопасности библиотек являются: высокая пожарная нагрузка – до 200-300 кг/м² за счет бумажных носителей, быстрое распространение пламени по стеллажам и книжным полкам, выделение токсичных продуктов горения (хлороводород при горении ПВХ-покрытий), сложность обнаружения возгорания на ранних

стадиях в закрытых хранилищах, повреждение фондов при незначительном воздействии огня или воды.

Так, основной причиной пожаров в библиотеках является неисправность оборудования – 42%, а также неосторожное обращение с огнем – 28%, поджоги – 15%, природные явления (молнии) – 8%, прочие причины – 7% [1].

В качестве технических средств противопожарной защиты для обнаружения очага возгорания целесообразно использовать линейные дымовые извещатели для помещений с высокими потолками, дымовые извещатели аспирационного типа (высокая чувствительность), тепловые извещатели максимально-дифференциального действия. Оптимальная площадь размещения – 1 извещатель на 50-80 м² [2].

В качестве системы пожаротушения предпочтительно использовать газовые установки (хладоны, инертные газы), не повреждающие издания. Аэрозольные системы эффективны в случае малых очагов возгорания, тонкораспыленная вода – минимальное воздействие на бумагу. Запрещается использовать порошковые системы, так как приводят к необратимым повреждениям книг, а спринклерные оросители имеют большой расход воды.

Обеспечение пожарной безопасности библиотек требует комплексного подхода, включающего современное техническое оснащение. Так, например, возможно внедрение в эксплуатацию самоактивируемых микрокапсул с огнетушащим реагентом (далее – СМОР).

СМОР – являются инновационным решением и предназначены для обеспечения пожарной безопасности, спасения ценных библиотечных фондов. Это микрокапсулы (0,01-0,05 мм) в полимерной оболочке, внутри которых находится огнетушащее вещество. Они могут быть встроены как в переплет, так и в обложку книги. Срабатывают автоматически при нагреве 70-110 °С, нейтрализуя возгорание [3].

В качестве состава огнетушащего вещества могут быть использованы: хладоны, которые являются наиболее эффективными и безопасными для бумажных документов; инертные газы (аргон, азот). Они не повреждают бумагу и не оставляют на ней следов, что позволяет сохранить книги. Антипирены на основе фосфатов образуют защитный слой, препятствующий повторному возгоранию объекта.

СМОР могут находиться в переплете книги (добавлены в клей или в ламинирующий слой), вследствие чего защищают наиболее уязвимую часть книги – корешок. Также, одним из вариантов месторасположения может быть обложка. В этом случае капсулы равномерно распределяются по материалу (больше всего подходит для особо ценных изданий в мягких переплетах).

Принцип действия СМОР состоит в том, что в нормальном режиме капсулы герметичны, следовательно, реагенты не испаряются, срок хранения составляет до 5 лет. При нагреве оболочка разрушается, огнетушащее вещество высвобождается из капсулы в газообразной или аэрозольной форме. После чего происходит локальное тушение возгорания, не затрагивая соседние экземпляры. В результате очаг пожара ликвидируется на стадии тления и книга остается пригодной для дальнейшего использования. Подавление пламени происходит за счет того, что снижается концентрация кислорода при использовании инертных газов, охлаждение зоны горения при помощи хладонов и блокирование химических реакций горения антипиренами [4].

Таким образом, считаем, что применение СМОР технологии в целях сохранения особо ценных изданий книжных фондов библиотек является перспективным направлением развития средств защиты от пожаров. Конечно, необходимо развивать данное направление.

В заключении можно сказать, что внедрение предложенных мер позволит снизить риск возникновения пожаров в библиотеках, минимизировать ущерб возгорания и обеспечить сохранность культурного наследия библиотечных фондов.

Список источников

1. Пожары и пожарная безопасность в Российской Федерации: информационно-аналитические сборники за 2013–2023 гг. / ФГБУ ВНИИПО МЧС России. — М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2014–2024.
2. Приказ МЧС России от 31.07.2020 N 582 (ред. от 27.03.2025) "Об утверждении свода правил "Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования" (вместе с "СП 484.1311500.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования".
3. Дмитриев Олег Владимирович, Попов Владимир Иванович, Пуганов Михаил Владимирович. Применение микрокапсул в тушении пожаров // Современные проблемы гражданской защиты. 2022. №2 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-mikrokapsul-v-tushenii-pozharov> (дата обращения: 16.02.2026).
4. Бобков С. А. Физико-химические основы развития и тушения пожаров учеб. пособие / С. А. Бобков, А. В. Бабурин, П. В. Комраков. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. — 210 с.

УДК 614.844.2
ББК 68.923

Евгений Николаевич Тужиков

ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», Екатеринбург, Россия (fireman87@bk.ru, SPIN 4094-2190, ID: 759898)

Георгий Борисович Пахомов

ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», Екатеринбург, Россия (georgy400@yandex.ru, SPIN 3592-9688, ID: 51866)

Алина Юрьевна Макаренко

ФГБОУ ВО «Уральский институт ГПС МЧС России», Екатеринбург, Россия (aalina.makarenko@yandex.ru)

О применении высокодисперсного водяного тумана при тушении пожара в библиотеках

Аннотация. В статье рассматриваются особенности применения систем пожаротушения на основе высокодисперсного водяного тумана для защиты ценных библиотечных фондов. Проанализированы преимущества технологии высокодисперсного водяного тумана по сравнению с самоактивируемыми микрокапсулами с огнетушащим реагентом. Приведены физико-химические основы процесса тушения, специфика защиты книжных фондов, описаны конструктивные особенности установок, а также приведены рекомендации по их внедрению в зданиях библиотек.

Ключевые слова: пожарная безопасность, библиотека, высокодисперсный водяной туман, самоактивируемая микрокапсула с огнетушащим реагентом, книжный фонд.

Evgeny N. Tuzhikov

Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg, Russia

Georgy B. Pakhomov

Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg, Russia

Alina Y. Makarenko

Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg, Russia

On the use of high-dispersion water fog in fire extinguishing in libraries

Abstract. The article discusses the features of using fire extinguishing systems based on highly dispersed water mist to protect valuable library collections. The advantages of highly dispersed water mist technology are analyzed in comparison with self-activating microcapsules containing a fire-extinguishing agent. The article provides the physical and chemical basis of the extinguishing process, the specifics of protecting library collections, the design features of the systems, and recommendations for their implementation in library buildings.

Keywords: fire safety, library, high-dispersed water mist, self-activating microcapsule with fire-extinguishing agent, book collection

Библиотеки представляют собой объекты повышенной пожарной опасности, что обусловлено их спецификой. Большое количество бумажных носителей, плотное расположение стеллажей, наличие уникальных, редких изданий создают особые требования к системам пожаротушения. Традиционные методы борьбы с огнем в данных условиях либо являются неэффективными, либо наносят огромный и непоправимый ущерб данным ценностям. В связи с этим особую актуальность приобретает исследование и внедрение систем пожаротушения на основе высокодисперсного водяного тумана (далее – ВВТ).

ВВТ представляет собой аэрозоль с диаметром капель в несколько микрон, который обладает уникальными физико-химическими свойствами, такими как: высокая эффективность, низкая интенсивность увлажнения (что обуславливает минимальное воздействие на бумажные носители и позволяет сократить ущерб от воздействия воды при тушении), стабильность в воздушной среде, экологическая безопасность. Механизм тушения пожара ВВТ основан на нескольких взаимосвязанных процессах и включает в себя: охлаждающий эффект за счет интенсивного испарения, разбавление кислорода в зоне горения, изоляция горящих материалов, химическое ингибирование реакций горения [1, 2].

При контакте с очагом возгорания туман создает интенсивный охлаждающий эффект за счет быстрого испарения мельчайших капель. При этом происходит отбор тепла из зоны горения, что приводит к снижению температуры ниже критического уровня. Одновременно с этим происходит разбавление кислорода в воздухе, что существенно замедляет процесс горения [1, 2].

Важной особенностью тумана является способность создавать защитный слой, препятствующий распространению пламени и теплового излучения. При этом происходит химическое ингибирование реакций горения за счет взаимодействия молекул воды с центрами реакции.

Современные установки с ВВТ базируются на принципах ультразвуковой генерации тумана [1, 2]. Ультразвуковые генераторы создают аэрозоль путем воздействия высокочастотных колебаний на поверхность воды. При этом формируются капли, обладающие высокой термической эффективностью. Система тушения туманом включает в себя: ультразвуковой генератор высокодисперсного водяного тумана, трубопроводы для подачи тумана в объем помещения и узлы автоматизации работы системы. Важно отметить, что туман проявляет газообразные свойства и распределяется по защищенному объему равномерно. Ультразвуковой генератор обеспечивает необходимую дисперсность и концентрацию аэрозоля.

Процесс проектирования систем установки с ВВТ для библиотек состоит из комплексного анализа помещения. Учитывается специфика планировки, особенности архитектуры, высота потолков, расположение стеллажей и систем хранения и другое.

Также, особое внимание уделяют расчёту необходимого количества генераторов и их размещению [3].

Также применяется технология самоактивируемых микрокапсулами с огнетушащим реагентом (далее – СМОР). СМОР – являются инновационным решением и предназначены для обеспечения пожарной безопасности, спасения ценных библиотечных фондов и архивов. Микрокапсулы (0,01-0,05 мм) в полимерной оболочке содержат в себе огнетушащее вещество. Капсулы могут быть встроены как в переплет, так и в обложку книги. Срабатывают автоматически при нагреве 70-110 °С, обеспечивая локальное тушение возгорания.

Принцип действия СМОР состоит в том, что в нормальном режиме капсулы герметичны, следовательно, реагенты не испаряются, срок хранения составляет до 5 лет. При нагреве оболочка разрушается, огнетушащее вещество высвобождается из капсулы в газообразной или аэрозольной форме. После чего, происходит локальное тушение возгорания, не затрагивая соседние экземпляры. В результате очаг пожара ликвидируется на стадии тления и книга остается пригодной для дальнейшего использования. Подавление пламени происходит за счет того, что снижается концентрация кислорода при использовании инертных газов, охлаждение зоны горения при помощи хладонов и блокирование химических реакций горения антипиренами.

Сравнительный анализ двух инновационных технологий представлен в таблице.

Таблица – Сравнительный анализ ВВТ и СМОР технологий

№ п/п	Наименование технологии	Преимущества	Недостатки	Отличия	Сходство
1	Высокодисперсный водяной туман	1. Минимальное повреждение книг и документов 2. Эффективность при тушении тлеющих очагов 3. Быстрое действие 4. Экологичность и безопасность для людей 5. Экономичность	1. Ограниченное время работы 2. Требования к обслуживанию 3. Сложность монтажа 4. Высокая стоимость оборудования 5. Затраты на обслуживание 6. Неравномерность распределения 7. Ограничения по напряжению	1. Распыление воды на мельчайшие капли 2. Активируется по сигналу датчиков 3. Возможно повреждение ценных изданий от воды 4. Масштабное тушение не в ограниченном пространстве	1. Охлаждение зоны горения 2. Изоляция очага 3. Минимальное повреждение материала объекта 4. Безопасность для людей 5. Автоматическое срабатывание 6. Равномерное распределение 7. Сохранение фондов
2	Самоактивируемые микрокапсулы с огнетушащим реагентом	1. Отсутствие зависимости от источников питания 2. Точечное применение 3. Минимальные затраты на обслуживание 4. Долговечность хранения 5. Безопасность для людей	1. Ограниченная площадь воздействия 2. Риск преждевременной активации при механическом воздействии 3. Сложность контроля целостности микрокапсул 4. Зависимость от температурного режима помещения 5. Высокая стоимость 6. Невозможность повторного использования капсул 7. Возможность аллергических реакций	1. Высвобождение огнетушащего реагента из капсул при нагреве 2. Автоматическая активация при достижении критической температуры 3. Локальное тушение в ограниченном пространстве 4. Минимальное воздействие на материал объекта	8. Универсальность применения 9. Комплексная защита 10. Безопасность при наличии техники

Таким образом, нами проанализированы преимущества и недостатки ВВТ и СМОР технологий.

Развитие технологии ВВТ открывает новые возможности для защиты библиотечных фондов. Так, наиболее перспективными направлениями в данном случае являются: модификация существующих ультразвуковых генераторов применительно для целей пожаротушения; использование модифицирующих добавок к воде, для повышения устойчивости водяного тумана; разработка специализированных решений для различных типов библиотечных помещений.

В заключении следует отметить, что установка пожаротушения на основе технологии ВВТ представляет собой перспективное решение для защиты книжных фондов библиотек. Она обеспечивает максимальную сохранность материалов при высокой эффективности тушения очага возгорания, предотвращает развитие пожара, а также обеспечивает минимальный вторичный ущерб и экологическую безопасность. Дальнейшее развитие данной технологии позволит создать более совершенные системы защиты, учитывающее все особенности помещений библиотек и обеспечивающие максимальную сохранность ценных изданий.

Список источников

1. Пахомов Г.Б., Елфимова М.В., Тужиков Е.Н. Долгопериодические автоколебательные процессы при тушении пламени высокодисперсным водяным туманом // Техносферная безопасность. – 2023. – № 4 (41).
2. Пахомов Г.Б., Елфимова М.В., Тужиков Е.Н. Экспериментальное исследование повышения устойчивости высокодисперсного водяного тумана // Техносферная безопасность. 2025. № 1 (46).
3. Особенности пожаротушения в замкнутом объеме тонкораспыленной водой / АЛ. Душкин [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2017. № 3.

УДК 614.8
ББК 68.9

Никита Васильевич Комаревцев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (n.komarevtsev@academygps.ru, SPIN 8889-8180, ID: 1200125)

Илья Олегович Федотов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (i.fedotov@academygps.ru, SPIN 9462-7756, ID: 1122415)

Современные технологии и средства пожаротушения

Аннотация. В статье рассматриваются современные технологии и средства пожаротушения, применяемые в подразделениях пожарной охраны и аварийно-спасательных формированиях. Проанализированы основные типы огнетушащих веществ, применяемых при ликвидации пожаров различного класса. Рассмотрены особенности использования водяного, пенного, порошкового и газового пожаротушения, а также современные технические средства, используемые при тушении пожаров. Отдельное внимание уделено применению автоматизированных систем пожаротушения, роботизированных комплексов и беспилотных летательных аппаратов для повышения эффективности действий подразделений при ликвидации пожаров.

Ключевые слова: пожаротушение, огнетушащие вещества, пожарная техника, автоматические системы пожаротушения, беспилотные летательные аппараты.

Nikita V. Komarevtsev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Ilya O. Fedotov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Modern technologies and means of fire extinguishing

Abstract. The article examines modern technologies and fire extinguishing equipment used by fire protection units and rescue services. The main types of fire extinguishing agents used in the suppression of fires of various classes are analyzed. The features of the use of water, foam, powder and gas fire extinguishing systems, as well as modern technical equipment used in firefighting operations, are considered. Particular attention is paid to the use of automated fire extinguishing systems, robotic complexes and unmanned aerial vehicles in order to improve the efficiency of fire suppression operations.

Keywords: fire extinguishing, fire extinguishing agents, firefighting equipment, automatic fire extinguishing systems, unmanned aerial vehicles, firefighting technologies

Пожары представляют одну из наиболее опасных чрезвычайных ситуаций, способных привести к значительным человеческим жертвам и материальному ущербу. Эффективность ликвидации пожаров во многом зависит от применяемых средств и технологий пожаротушения, а также от уровня технической оснащенности подразделений пожарной охраны.

Современное развитие науки и техники способствует появлению новых средств и методов тушения пожаров, направленных на повышение эффективности ликвидации очагов горения, снижение времени реагирования и уменьшение риска для личного состава пожарно-спасательных подразделений. Использование современных технологий позволяет значительно повысить результативность тушения пожаров на объектах различного функционального назначения.

В настоящее время в практике пожаротушения применяются различные огнетушащие вещества, включая воду, пену, порошки и газовые составы. Кроме того, активно внедряются современные технические средства, такие как автоматические установки пожаротушения, роботизированные комплексы и беспилотные авиационные системы.

Одним из основных элементов системы пожаротушения являются огнетушащие вещества. В зависимости от характера горючего материала и условий развития пожара применяются различные виды веществ, обеспечивающих прекращение процесса горения.

Наиболее распространённым огнетушащим веществом является вода. Она обладает высокой теплоёмкостью и способностью эффективно охлаждать горящие материалы, что позволяет снижать температуру в зоне горения и предотвращать дальнейшее распространение огня. Водяное пожаротушение широко применяется при ликвидации пожаров твёрдых горючих материалов, таких как древесина, бумага и текстиль.

Широкое применение при тушении пожаров горючих жидкостей получила воздушно-механическая пена. Основной механизм её огнетушащего действия заключается в изоляции поверхности горючего вещества от доступа кислорода воздуха. Пена образует на поверхности горячей жидкости устойчивый слой, препятствующий испарению горючих веществ и распространению пламени.

Порошковые огнетушащие составы применяются для тушения пожаров различных классов, включая пожары горючих жидкостей, газов и электрооборудования, находящегося под напряжением. Принцип действия порошковых составов заключается в ингибировании химических реакций горения, а также в изоляции поверхности горючего материала.

Газовые огнетушащие вещества используются преимущественно в помещениях с дорогостоящим оборудованием, где применение воды или пены может привести к значительным материальным потерям. К таким помещениям относятся серверные комнаты, архивы и электроустановки. Газовые системы пожаротушения обеспечивают снижение концентрации кислорода в зоне горения либо ингибирование реакции горения.

Помимо огнетушащих веществ важную роль в процессе тушения пожаров играют технические средства, используемые пожарно-спасательными подразделениями (рисунок 1). К ним относятся пожарные автомобили, насосные станции, лафетные стволы и другое пожарно-техническое вооружение [1].



Рисунок 1 – Современные пожарные автомобили

Пожарные автомобили являются основным средством доставки личного состава и огнетушащих веществ к месту пожара. Современные пожарные автомобили оснащаются

мощными насосными установками, системами подачи пенообразователя и различными видами пожарного оборудования.

В зависимости от назначения пожарные автомобили подразделяются на автомобили общего и специального применения.

Одним из перспективных направлений развития технологий пожаротушения является применение роботизированных комплексов (рисунок 2). Использование таких устройств позволяет проводить тушение пожаров в условиях повышенной опасности для личного состава [2].

Роботизированные комплексы могут применяться на химических предприятиях, складах горючих веществ и объектах нефтегазовой промышленности.



Рисунок 2 – Роботизированные комплексы пожаротушения

В последние годы активно внедряются беспилотные летательные аппараты, позволяющие выполнять воздушную разведку и мониторинг пожара (рисунок 3). Такие устройства позволяют оперативно получать информацию о распространении огня, температурном режиме и наличии опасных факторов. Использование беспилотных технологий значительно повышает эффективность управления пожарно-спасательными подразделениями.



Рисунок 3 – Использование беспилотных летательных аппаратов при тушении пожаров

Современные технологии и средства пожаротушения играют важную роль в повышении эффективности ликвидации пожаров и обеспечении безопасности людей и объектов. Использование различных огнетушащих веществ, таких как вода, пена, порошковые и газовые составы, позволяет эффективно бороться с пожарами различных классов в зависимости от условий их возникновения и развития [3].

Развитие пожарной техники и внедрение новых технологий, включая автоматические системы пожаротушения, роботизированные комплексы и беспилотные летательные аппараты, значительно расширяет возможности пожарно-спасательных подразделений. Применение современных технических средств способствует повышению оперативности реагирования на пожары, снижению риска для личного состава и повышению общей эффективности пожаротушения.

Дальнейшее развитие технологий пожаротушения направлено на совершенствование существующих средств и разработку новых технических решений, обеспечивающих более эффективную ликвидацию пожаров и минимизацию последствий чрезвычайных ситуаций.

Список источников

1. Гусев, И. А. Современные направления в области разработки и создания пожарной техники (часть 1) / И. А. Гусев, С. С. Носков, И. А. Ольховский // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2024. – № 2. – С. 46-54. – DOI 10.25257/FE.2024.2.46-54. – EDN SPPZMN.
2. Современные средства подачи огнетушащих веществ для тушения пожаров на объектах энергетики / И. А. Ольховский, А. Е. Захаров, В. А. Меженев [и др.] // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации : Материалы VII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Москва, 24 ноября 2020 года. Том Часть 2. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2020. – С. 121-124. – EDN WRXOGN.
3. Гладченко, В. Я. Перспектива применения гибридных пожарных автомобилей в России / В. Я. Гладченко, И. А. Ольховский, А. Н. Липатов // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2022. – С. 61-65. – EDN CMGIJO.

Павел Владимирович Максимов

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск, Республика Беларусь
(maximov_pavel_01@mail.ru, SPIN 2038-6062, ID: 1312814)

Расчет конфузора и диффузора с цилиндрическим центральным телом для эффективного газодинамического охлаждения потока огнетушащего аэрозоля на выходе из генератора

Аннотация. Разработан новый конструктивный способ газодинамического охлаждения огнетушащего аэрозоля на выходе из генератора аэрозоля, заключающийся в модификации его конструкции профилирующей вставкой, выполненной по типу кольцевого сопла Лаваля с цилиндрическим центральным телом. Представлена методика расчета сужающейся и расширяющейся частей сопла. Экспериментальный образец генератора с газодинамическим охладителем обеспечивает эффективное снижение температуры потока аэрозоля на выходе из генератора на 70–75 % в сравнении с серийно выпускаемым генератором и снижение в 2 раза времени тушения модельных очагов пожаров.

Ключевые слова: генератор огнетушащего аэрозоля, твердотопливный элемент, огнетушащий аэрозоль, кольцевое сопло Лаваля, газодинамический охладитель.

Pavel V. Maksimov

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Republic of Belarus

Calculation of a confuser and a diffuser with a cylindrical central body for effective gas dynamic cooling of the fire extinguishing aerosol stream at the generator outlet

Abstract. A new constructive method of gas dynamic cooling of a fire extinguishing aerosol at the outlet of an aerosol generator has been developed, which consists in modifying its design with a profile insert made like a Laval annular nozzle with a cylindrical central body. A method for calculating the tapering and expanding parts of the nozzle is presented. An experimental sample of a generator with a gas-dynamic cooler provides an effective reduction in the temperature of the aerosol flow at the generator outlet by 70-75% compared to a mass-produced generator and a 2-fold reduction in the extinguishing time of model fires

Keywords: fire extinguishing aerosol generator, solid fuel element, fire extinguishing aerosol, Laval annular nozzle, gas dynamic cooler

Для снижения температуры потока пожаротушащей смеси в установках аэрозольного пожаротушения представляло интерес применить известный принцип сопла Лаваля, который используется в современных ракетных, сверхзвуковых, реактивных авиационных двигателях.

Учитывая конструктивные особенности корпуса генератора (цилиндрическое центральное тело внутри сопла), двухфазный состав аэрозоля, применить классическую методику расчета сопла Лаваля не представлялось возможным. Поскольку давление P_1 на входе в кольцевое сопло Лаваля с цилиндрическим центральным телом не задано, предлагаемый алгоритм расчета подробно рассмотрен в работе [1].

При моделировании сопла для конструкции корпуса с цилиндрическим центральным телом (внутренним стаканом) рассматриваемого генератора необходимо было получить геометрическую форму поверхности сужающегося сопла от входного сечения до

критического сечений, а также оптимальную форму диффузора от критического до выходного сечений в расчетной области сопла.

Форма поверхности от входного сечения до критического сечения построена по уравнению Витошинского [2], которая позволяет рассчитать контур канала при одномерном дозвуковом течении потока.

Расчет контура проводили по формуле Витошинского:

$$r_i = \frac{r_{кр}}{\sqrt{1 - \left[1 - \left(\frac{r_{кр}}{r_1} \right)^2 \right] \frac{\left(1 - \frac{3x^2}{l'^2} \right)^2}{\left(1 + \frac{x^2}{l'^2} \right)^3}}}, \quad (1)$$

где:

r_1 – радиус во входном сечении сопла, мм; $r_{кр}$ – радиус в критическом сечении сопла, мм.

Применительно к образцу (с заданными геометрическими параметрами) генератора с внутренним стаканом (цилиндрическим центральным телом) r_1 и $r_{кр}$ будут равны:

r_1 – радиус во входном сечении сопла:

$$r_1 = \frac{D_1 - d}{2} = \frac{100 - 80}{2} = 10 \text{ мм}. \quad (2)$$

$r_{кр}$ – радиус критического сечения:

$$r_{кр} = \frac{D_{кр} - d}{2} = \frac{82,7 - 80}{2} = 1,35 \text{ мм}; \quad (3)$$

$$l' = l\sqrt{3} = 15\sqrt{3} = 25,98. \quad (4)$$

где:

$D_{кр}$ – диаметр в критическом сечении сопла, мм; d – диаметр цилиндрического центрального тела, мм; l – длина рассчитываемого участка сужающейся части сопла от входного до критического сечений.

Длина сужающейся части сопла $l = 15$ мм. Определяли величины радиусов сужающейся части в точке $X_{(i)}$ через каждый 1 мм на рассчитываемом участке l .

Радиусы сопла откладывались от внешней поверхности стенки центрального цилиндрического внутреннего стакана генератора. В результате дальнейшего построения расчетного контура сужающейся части сопла получили профиль от входного до критического сечений (рисунок 1).

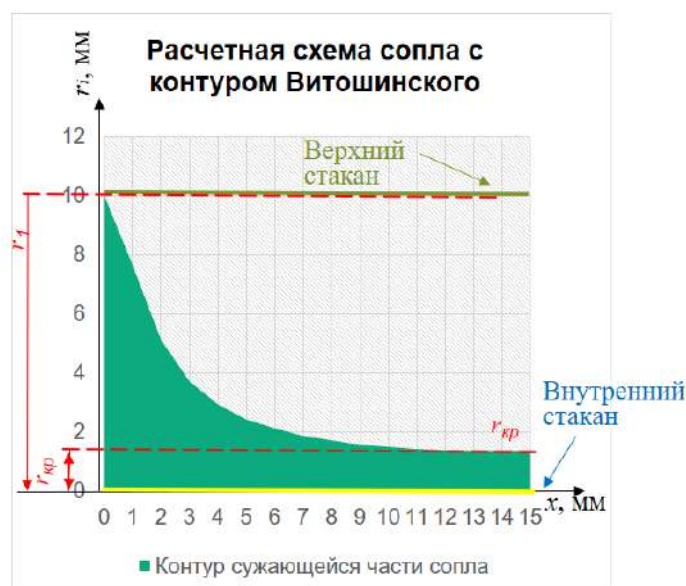


Рисунок 1 – Построение конфузора с цилиндрическим центральным телом

С учетом метода построения оптимальной конструкции кольцевого сопла с многокомпонентным рабочим телом, применяемого в работе [3], диаметр выходного сечения сопла с учетом двухкомпонентного рабочего тела (внутреннего стакана генератора) равен:

$$D_2 = (D_{кр} - d) \cdot 7 + d = (82,7 - 80) \cdot 7 + 80 = 98,9 \text{ мм.} \quad (5)$$

где:

$D_{кр}$ – диаметр в критическом сечении сопла, мм; d – диаметр цилиндрического центрального тела, мм.

Тогда радиус выходного сечения сопла R'_2 с учетом внутреннего стакана генератора будет составлять:

$$R'_{2} = (R_{кр} - r_{цт}) \cdot 7 + r_{цт}. \quad (6)$$

Промежуточные текущие значения диаметров D_i диффузора сопла начиная от критического до выходного сечения сопла определяются:

$$D_i = (D_{кр} - d) \cdot 7 \cdot \left(\frac{l}{L'} \right)^{0,7} + d. \quad (7)$$

где:

L' – длина рассчитываемого участка, $L' = 40$ мм.

Тогда промежуточные текущие значения диаметров R'_{2i} расширяющейся части сопла с учетом внутреннего стакана генератора будет составлять

$$R'_{2i} = (R_{кр} - r_{цт}) \cdot 7 \cdot \left(\frac{l}{L'} \right)^{0,7} + r_{цт}. \quad (8)$$

где:

$R_{кр}$ – радиус в критическом сечении сопла с учетом внутреннего стакана, мм;

$R_{цт}$ – радиус центрального тела (внутреннего стакана генератора), мм;

l – текущая длина расчетного участка сопла от критического сечения до выходного сечения, мм;

L' – длина расширяющейся части сопла от критического сечения до выходного сечения, мм.

В результате дальнейшего построения расчетного контура расширяющейся части сопла получили профиль от критического до выходного сечений (рисунок 2).

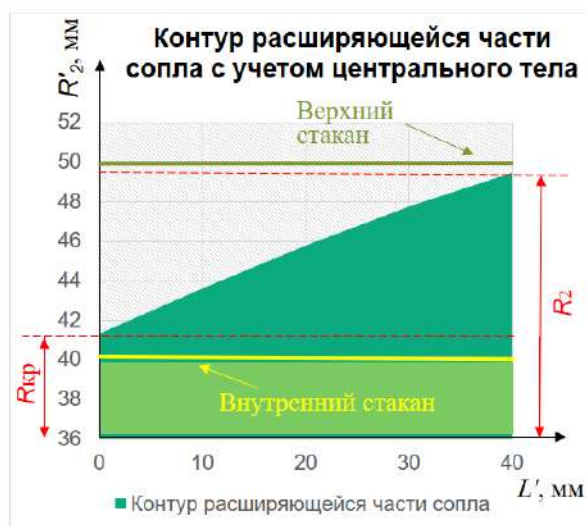


Рисунок 2 – Построение диффузора с цилиндрическим центральным телом

По итогам математического расчета геометрических параметров разработана рабочая конструкторская документация для изготовления экспериментального образца генератора с газодинамическим охладителем выходного потока аэрозоля, выполненным по типу устройства сопла Лавали с цилиндрическим центральным телом, для повышения безопасности и эффективности тушения [4].

Список источников

1. Максимов, П. В. Повышение безопасности генераторов огнетушащего аэрозоля путем применения конструктивного газодинамического охладителя пожаротушащей смеси / П. В. Максимов, В. В. Богданова // Пожарная безопасность. – 2025. – № 4(121). – С. 48-61.
2. Дейч, М. Е. Техническая газодинамика / М.Е. Дейч. – Изд. 2-е, переработ. М. – Л.: Госэнергоиздат., 1961. – 671 с.
3. Карташова, М. А. Построение оптимальной конфигурации кольцевого сопла с многокомпонентным рабочим телом / М.А. Карташева, А.Л. Карташев // Забабахинские научные чтения: сборник материалов IX Международной конференции 10-14 сентября 2007. – Снежинск: Издательство РФЯЦ-ВНИИТФ, 2007. – С. 259–261.
4. Максимов, П. В. Повышение пожарной безопасности и огнетушащей эффективности генератора аэрозоля модифицированной конструкции / П. В. Максимов // Вестник Университета гражданской защиты. Научный журнал. – Минск: Университет гражданской защиты. – 2025. – № 4(21). – С. 484-490.

УДК 614.842.6
ББК 68.923

Николай Петрович Копылов

ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Балашиха, Россия (np.nanpb@mail.ru, SPIN 4876-5717, ID: 695655)

Павел Александрович Стрижак

ФГАОУ ВО НИ ТПУ, Томск, Россия (pavelspa@tpu.ru, SPIN 1134-8243, ID: 544450)

Алёна Олеговна Жданова

ФГАОУ ВО НИ ТПУ, Томск, Россия (zhdanovaao@tpu.ru, SPIN 7698-9591, ID: 710011)

Павел Олегович Михайлин

Главное управление пожарной охраны МЧС России, Москва, Россия (mp9645606813@ya.ru)

Виктор Владимирович Свирин

Главное управление МЧС России по Томской области, Томск, Россия (SvirinVictor16@yandex.ru)

Моделирование импульсного тушения пожаров в резервуарах с нефтепродуктами

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных исследований по определению оптимальных условий подавления горения углеводородов в резервуарах импульсными методами. Разработана методика тушения, осуществлен выбор оборудования и алгоритмов работы системы, собрана и протестирована автоматическая система подавления горения углеводородов в резервуарах с жидкими углеводородами. Установлены закономерности горения нефти в процессе подачи огнетушащего состава на ее поверхность.

Ключевые слова: нефть, возгорания, резервуары с теплоизоляцией, огнетушащие составы

Nikolai P. Kopylov

FGBU VNIIPPO EMERCOM of Russia, Balashikha, Russia

Pavel A. Strizhak

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Alena O. Zhdanova

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

Pavel O. Mikhailin Main Department of Fire Protection of the Russian Ministry of Emergency Situations, Moscow, Russia

Viktor V. Svirin

Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for Tomsk Oblast, Tomsk, Russia

Modeling of pulsed fire extinguishing in oil storage tanks

Abstract. This article presents the results of experimental studies to determine optimal conditions for suppressing hydrocarbon fires in storage tanks using pulsed methods. An extinguishing method was developed, equipment and operating algorithms for the system were selected, and an automatic system for suppressing hydrocarbon fires in storage tanks containing liquid hydrocarbons was assembled and tested. The patterns of oil combustion during the application of fire extinguishing agent to its surface have been established.

Keywords: oil, fires, insulated tanks, fire extinguishing agents

Риски возникновения пожаров в резервуарах на объектах нефтепереработки и хранения были и остаются весьма высокими. Ежегодно в мире на объектах хранения, переработки и транспортировки нефти и нефтепродуктов происходит около 1500 аварий, из них в 4 % погибает до 150–200 человек. Также стоит отметить, что материальный ущерб от аварий в

среднем превышает 100 млн. долларов в год [1].

По статистическим данным в России также наблюдается рост показателей аварийности предприятий, связанных с нефтепереработкой и хранением нефтепродуктов. Ежегодно происходят аварии на вертикальных стальных резервуарах в связи с тем, что значительная их доля выработала свой ресурс (износ применяемых резервуаров составляет около 80 %). Однако, возгорания и пожары на подобных объектах случаются крайне редко, вследствие нарушения технологического процесса, либо пренебрежения элементарными правилами безопасности (например, отсутствие молниеотвода). Ежегодно на территории России происходит более 10 пожаров на объектах переработки, хранения нефти и нефтепродуктов (статистка ВНИИПО МЧС России).

Вместе с тем, в связи с нестабильной политической обстановкой на мировой арене, участились атаки беспилотными летательными аппаратами на потенциально опасные объекты промышленности и топливно-энергетического комплекса на территории Российской Федерации, в том числе и на объекты хранения, переработки и транспортировки нефти и нефтепродуктов [2].

Существующие в настоящее время инженерно-технические решения и мероприятия в виде обвалования резервуаров (цистерн) с углеводородами, использование установок автоматического пожаротушения, а также технических особенностей конструкций резервуаров не всегда позволяет локализовать и ликвидировать возгорание на начальном этапе без привлечения подразделений пожарной охраны [3].

Резервуарные парки для хранения нефти и нефтепродуктов относятся к категории объектов повышенной пожарной опасности. Пожары здесь характеризуются сложностью, высокой интенсивностью и потенциально катастрофическими последствиями для окружающей среды и экономики.

Для тушения таких пожаров используют:

1) воздушно-механическую пену – она образует сплошной, стойкий, низкопроводящий слой, который изолирует топливо от кислорода воздуха и охлаждает поверхность за счёт содержащейся в нём воды. Пена подаётся от стационарных пенокамер (смонтированных на резервуаре) или с помощью передвижной техники через пеноподъёмники или лафетные стволы.

2) распылённую воду – для охлаждения стенок резервуара и зеркала горячей жидкости до температуры ниже температуры вспышки нефтепродукта.

3) огнетушащие порошковые составы – для тушения проливов в обваловании и межсвайном пространстве под резервуаром, локальных очагов горения на задвижках, фланцевых соединениях, в зазоре между стенкой резервуара и плавающей крышей.

В настоящее время наиболее распространённым способом тушения возгораний нефтепродуктов является тушение пеной. Согласно СП 155.13130 (приложение А, таблицы А.1 и А.2) допускается два метода пенного пожаротушения: тушение пеной средней и низкой кратности.

Особенностью пенного пожаротушения, является быстрое разрушение слоя и нарушение изолирующей способности у нагретого борта резервуара, как следствие, возможность повторных возгораний после ликвидации горения.

Как показала практика эффективность тушения пожара в резервуаре во многом зависит от технологии подачи огнетушащей пены. Особенно это характерно для тушения такого нефтепродукта как нагретый битум.

С учетом этого проведены экспериментальные исследования по определению оптимальных условий подавления горения углеводородов в резервуарах импульсными методами. Разработана методика тушения, осуществлен выбор оборудования и алгоритмов работы системы, собрана и протестирована автоматическая система подавления горения углеводородов в резервуарах с жидкими углеводородами.

В контексте решения данной задачи можно сформулировать несколько основных вопросов, ответы на которые позволят построить работоспособную систему импульсного

пожаротушения резервуаров с нефтепродуктами:

1. Какой может быть экономия от применения импульсной системы тушения?
2. Насколько увеличится длительность тушения в импульсном режиме по сравнению с привычным режимом непрерывной подачи пены?
3. Какова должна быть длительность импульсов для достижения эффективного тушения?
4. Какова должна быть частота следования импульсов?
5. Имеет ли смысл привязывать импульсы подачи тушащего агента к каким-то закономерностям процесса горения?

Для этого необходимо разработать стенд, позволяющий организовать автоматизированный сбор данных о протекании возгорания и горения нефтепродуктов, на основании которых будут проектироваться автоматическая система импульсного тушения, отрабатываться алгоритмы ее работы, а также производиться оценка эффективности тушения.

Проведен цикл экспериментальных исследований по установлению закономерностей горения углеводорода в процессе подачи огнетушащего состава на его поверхность. Схема расположения основных элементов экспериментального стенда представлена на рисунке 1.

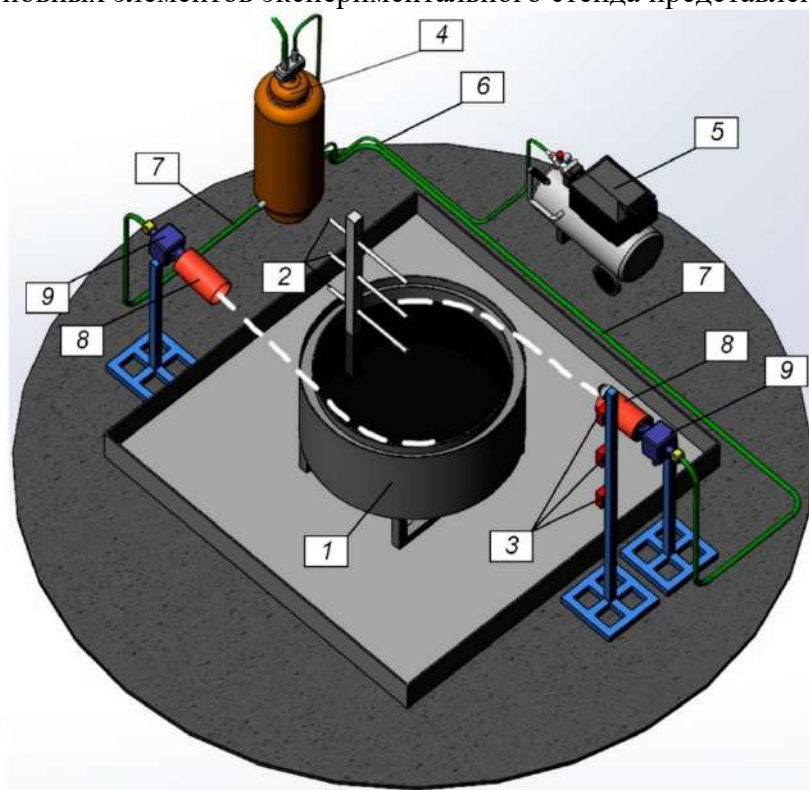


Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда: 1 – модельный резервуар с углеводородом; 2 – термопары (ТЭП); 3 – инфракрасные (ИК) детекторы; 4 – баллон с огнетушащим веществом (ОТВ); 5 – воздушный компрессор; 6 – канал подачи воздуха в баллон; 7 – каналы подачи ОТВ; 8 – пеногенераторы; 9 – электромагнитные клапана

В качестве средств мониторинга интенсивности горения углеводорода использовались (рисунок 1) хромель-алюмелевые термопары (осуществлялся мониторинг температуры стенки резервуара, температуры в объеме углеводорода, а также температуры пламени), а также инфракрасные детекторы (осуществлялся мониторинг факела пламени над поверхностью углеводорода). Запись показаний осуществлялась на рабочую станцию через модуль ОВЕН MB110-8А с использованием ПО «Owen Process Manager». Управление подачей тушащего состава осуществлялось вручную со щита управления либо выносного кнопочного поста.

По результатам серии экспериментов установлена общая закономерность, заключающаяся в том, что после первой импульсной подачи ОТВ (в течение 1-2 с) на стенку

резервуара регистрировалось кратковременное (от 10 до 20 с) увеличение высоты пламени (на 1,5-2 м) и температуры в пламенной зоне горения (на 50–150 °С). Это обусловлено интенсификацией процессов взрывного вскипания воды в составе пены при контакте со стенкой и поверхностью углеводорода, выделением дополнительного объема радикалов Н и ОН, их кратковременным окислением, формированием локальных экстремумов температуры в парогазовой смеси. Вследствие взрывного вскипания воды в составе ОТВ в области контакта пены и углеводорода со стенкой резервуара, интенсивного конвективного и диффузионного теплообмена от стенки со слоем пены к центру резервуара формировалась конвективная колонна, закручивающая пламя и поднимающая продукты горения в виде закрученной воронки. Для исключения чрезмерного роста размеров пламенной зоны горения (в реальных условиях пожара может приводить к росту площади горения, разбрызгиванию горящего углеводорода, перебрасыванию на соседние резервуары, деформации и срыву крыши, росту термических сопротивлений и деформации резервуара, его наклону и разрушению) целесообразным представлялась выдержка по времени для выгорания сформированных локальных объемов радикалов Н и ОН и стабилизации пламенной зоны горения, т.е. организации мягких условий подавления горения. На экспериментальных трендах этот интервал времени составил от 204 до 215 с. В целом для серии опытов он составлял 10-15 с. По его истечению реализовывалась вторая импульсная подача ОТВ. Температуры на всех сенсорах снижались с небольшими флуктуациями. Эксперименты показали, что достаточно подавать импульсы продолжительностью 1-2 с с последующей выдержкой до стабилизации температуры в зоне горения. Возможна непрерывная подача ОТВ после нескольких импульсных подач, но при обеспечении исключения условий разбрызгивания горящего углеводорода.

В таблице 1 приведены результаты серии экспериментов по подавлению горения жидкого углеводорода в модельном резервуаре с применением импульсной технологии подачи ОТВ.

Таблица – Результаты одной серии экспериментов по подавлению горения жидкого углеводорода в модельном резервуаре с применением импульсной технологии подачи ОТВ (на резервуаре объемом 0,4 м³)

Номер эксперимента	Количество импульсов (включая первый)	Время тушения (с)	Суммарная продолжительность подачи ОТВ (с)	Расход ОТВ (л)
1	3	24	9,5	4,8
2	3	23	7	3,6
3	3	26	6,5	3,3
4	3	24	5	2,5
5	3	31	4,5	2,3
6	3	43	7	3,5
7	1	13	3,5	1,8
8	2	29	4	2
9	2	25	5,5	2,8
10	2	22	5	2,5

На рисунке 2 представлены типичные видеограммы процесса подавления возгорания на модельном резервуаре РВС.



Рисунок 2 – Типичные видеogramмы процесса подавления возгорания на модельном резервуаре РВС

Согласно результатам тестирования на модельном резервуаре, разработанная система автоматического пожаротушения позволяет сократить расход раствора пенообразователя в 5-6 раз при сохранении общего времени надслойного тушения возгорания на уровне 110-120 % от наблюдавшегося при использовании непрерывного режима подачи пены. При этом, основные характеристики процессов горения и тушения соответствуют наблюдавшимся при реальных пожарах резервуаров (температура над поверхностью нефтепродукта и в объеме его слоя достигала 1000 °С и 600 °С, соответственно, кратность пены порядка 15-20).

Разработанные и протестированные алгоритмы работы системы позволяют сделать заключение, что использование простейшего подхода с отсечкой импульсов по таймеру позволяет получить эффективность тушения на том же уровне, что и в случае с использованием обратной связи по показаниям комплекса датчиков. Расчет физически обоснованных длительностей импульсов подачи тушащего агента, а также межимпульсных интервалов позволяет отказаться от излишнего усложнения системы и упростить ее использование и обслуживание.

Список источников

1. Петрова Н. В., Чешко И. Д. Анализ экспертной практики по исследованию пожаров, произошедших на объектах хранения нефти и нефтепродуктов // Проблемы и перспективы судебной пожарно-технической экспертизы: материалы Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2015. С. 78–81.
2. Бухмастов В. В. Анализ рисков и угроз, связанных с возможными атаками беспилотных летательных аппаратов на потенциально опасные объекты // Статьи журнала АИ. №26 (208), 2024.
3. Цурикова, Н. А. Анализ пожаров в резервуарных парках // Исследования молодых ученых: материалы LXIII Международной научной конференции. Под редакцией И.Г. Ахметова [и др.], 2023. С. 5–7.
4. Пожаротушение резервуаров для хранения нефтепродуктов [Электронный ресурс] // ПРОМО-КОНСАЛТИНГ» – инженерно-производственная компания. URL: <https://p-con.ru/mediabiblioteka/novosti-i-stati/poryadok-primeneniya-penoobrazovatelej-dlya-tusheniya-pozharov1/>.

УДК 614.842.6
ББК 30.83

Василий Михайлович Климовцов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (wmk2911@mail.ru, SPIN 2900-9556, ID: 344081)

Яна Олеговна Климовцова

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (Y.Klimovcova@academygps.ru, SPIN 2275-1076, ID: 1260828)

Мисак Валерьевич Меликян

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (melik_misak@mail.ru, SPIN 2007-4793, ID: 1045928)

Условия эксплуатации и состояние мобильной пожарной техники в Главном управлении МЧС России по Ростовской области

Аннотация. В статье рассмотрены условия эксплуатации мобильной техники подразделений ГУ МЧС по Ростовской области, факторы, которые влияют на её техническое состояние. Проведен анализ сроков эксплуатации пожарных автомобилей и их распределение по количеству и модельному ряду. Данные сведения необходимо учитывать для поддержания технической готовности пожарной мобильной техники в пожарно-спасательном гарнизоне Ростовской области.

Ключевые слова: пожарная техника, пожарный автомобиль, техническая готовность, условия эксплуатации.

Vasili M. Klimovtsov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Yana O. Klimovtsova

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Misak V Melikyan

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Operating conditions and condition of mobile firefighting equipment at the Main Department of the Russian Ministry of Emergency Situations in the Rostov Region

Abstract. The article discusses the conditions of operation of mobile equipment of the Main Department of the Ministry of Emergency Situations of the Rostov Region, and the factors that affect its technical condition. The article analyzes the service life of fire trucks and their distribution by number and model range. This information is necessary to maintain the technical readiness of mobile fire equipment in the fire and rescue garrison of the Rostov Region.

Keywords: fire equipment, fire truck, technical readiness, operating conditions.

Условия эксплуатации мобильной техники подразделений ГУ МЧС по Ростовской области характеризуется рядом факторов, которые влияют на её техническое состояние, а именно: климатическими условиями, состоянием дорожного покрытия в районе выезда, условиями работы двигателя и трансмиссии [1].

Климатические факторы в Ростовской области влияют на условия эксплуатации пожарной техники через воздействие температуры, осадков, ветров и солнечной радиации.

Для территории региона характерен умеренно-континентальный климат умеренного пояса, и континентальные черты усиливаются в направлении с северо-запада на юго-восток: возрастают засушливость и жара летом, усиливаются ветреность и холода зимой.

В летний период времени температура воздуха достигает выше 40°C и эксплуатация техники осуществляется с критическими нагрузками на двигатель и трансмиссию. В этих условиях процесс всегда сопровождается повышенной интенсивностью изнашивания рабочих поверхностей деталей, узлов и агрегатов двигателя и трансмиссии, следовательно, ухудшается техническое состояние техники, что может привести к выходу из строя пожарного автомобиля при движении к месту пожара, или при работе на пожаре [2].

В подразделениях ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Ростовской области на вооружении находятся 1037 единиц пожарной и вспомогательной техники.

Из них:

- основные пожарные автомобили – 508 единиц;
- специальные пожарные автомобили – 119 единиц;
- автомобильная техника - 366 единиц;
- инженерная техника – 16 единиц;
- снегоболотоходы (квадрациклы) – 20 единиц;
- мототехника – 8 единиц.

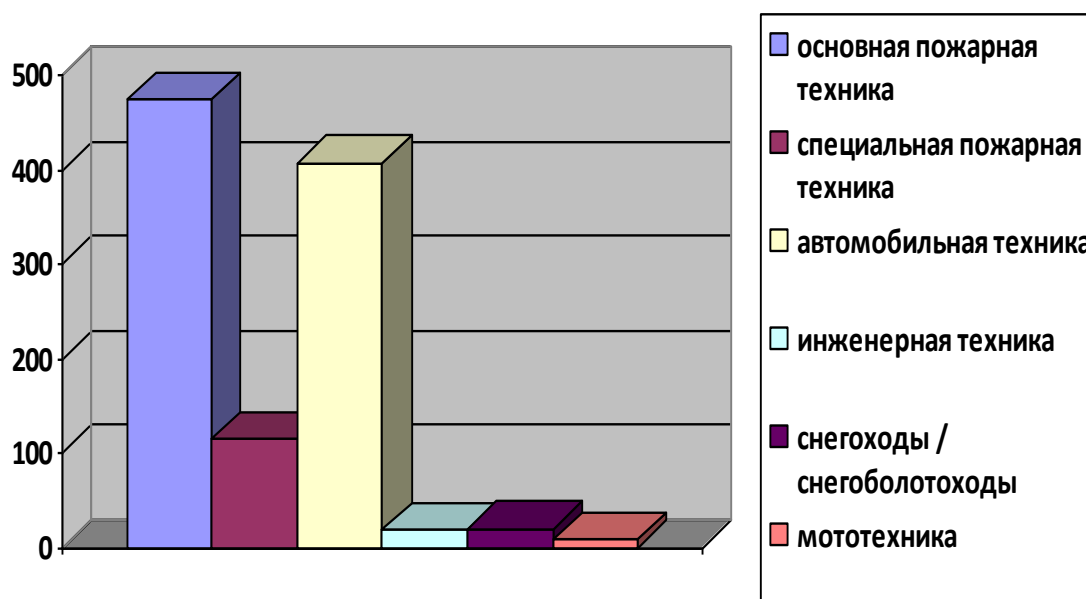


Рисунок 1 – Распределение мобильной техники в Главном управлении МЧС России по Ростовской области

Для того, чтобы полностью проанализировать состояние пожарной техники гарнизона, необходимо рассмотреть сроки эксплуатации данной техники с момента ввода в эксплуатацию.

На вооружении Главного управления МЧС России по Ростовской области состоит 627 единиц основных и специальных пожарных автомобилей со следующими сроками службы:

- до 5 лет – 55 единиц;
- от 6 до 10 лет – 73 единицы;
- от 11 до 20 лет – 302 единицы;
- свыше 20 лет – 197 единиц.

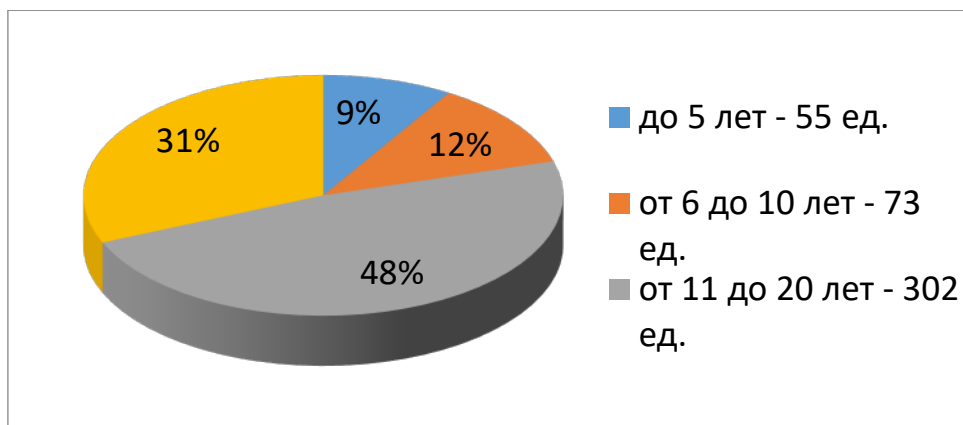


Рисунок 2 – Распределение пожарной техники по срокам эксплуатации

Как видно на рисунке 2, на сегодняшний день техника эксплуатируется в гарнизоне морально и технически устарела.

По базовым шасси, пожарные автомобили подразделений ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Ростовской области подразделяются на:

- шасси КАМАЗ – 164 единиц;
- шасси УРАЛ - 77 единиц;
- шасси ЗИЛ – 296 единиц;
- шасси других отечественных производителей – 75 единиц;
- шасси иностранного производства- 15 единиц.

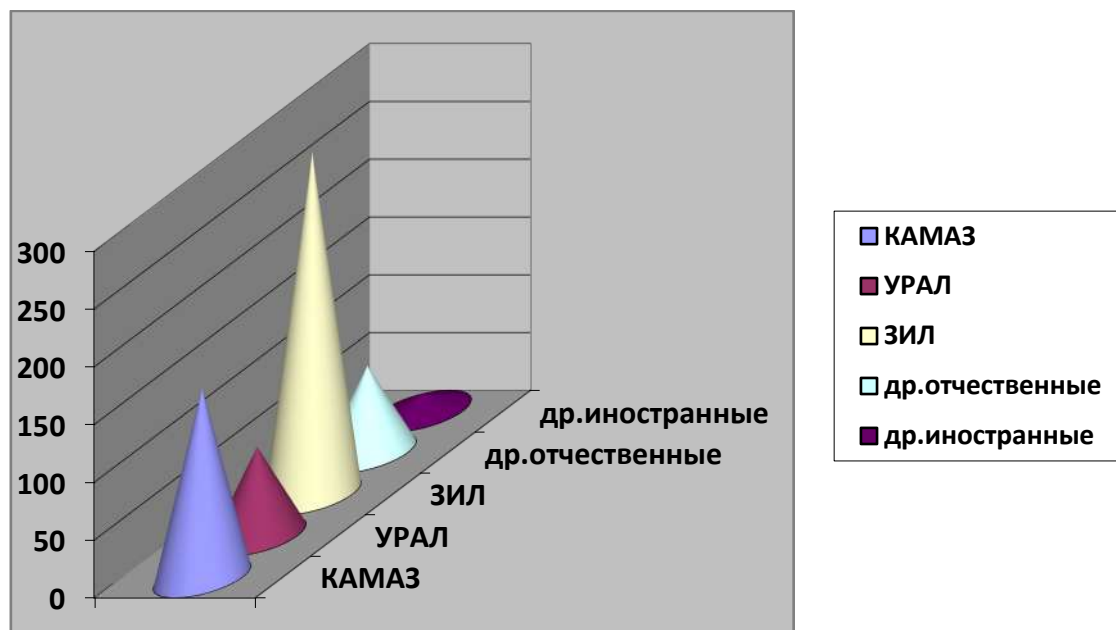


Рисунок 3 – Распределение основной пожарной техники Главного управления МЧС России по Ростовской области по моделям шасси

На рисунке 3 видно, что в подразделениях Главного управления МЧС России по Ростовской области высокий процент основных пожарных автомобилей на базовом шасси ЗИЛ.

За все время своего существования пожарных автомобилей на 130-й платформе было выпущено 10 модификаций транспортных средств. На сегодняшний день из всех видов моделей, наибольшее количество в Главном управлении МЧС России по Ростовской области

занимает ЗИЛ 130 АЦ-40-63Б. По тактико-техническим характеристикам данная модель является оптимальным транспортным средством для выезда на вызовы в городской среде.

Среди достоинств пожарных автомобилей на шасси ЗИЛ можно отметить следующие параметры:

- высокая маневренность, небольшие габаритные размеры;
- простота в обслуживании, надежность узлов и агрегатов;
- неприхотливость к топливу;
- простота в ремонте, что позволяет осуществлять ремонт силами водительского состава.

Основными недостатками данной техники являются возрастной фактор и техническое устаревание.

При эксплуатации мобильной техники и поддержании ее в технической готовности в гарнизоне необходимо учитывать не только климатическими условия, состояние дорожного покрытия в районе выезда, но и сроки ее эксплуатации и распределение по модельному ряду. Это все вместе позволит грамотно и правильно обеспечивать ее техническое обслуживание и ремонт, а также планировать снабжение эксплуатационными материалами и запасными частями [3].

Список источников

1. Климовцов В.М., Бодько А.А. Повышение эффективности деятельности ремонтно-технического центра главного управления МЧС России по Ростовской области. Материалы VII Международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» Ч. 2 - М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. – с. 128-130
2. Климовцов В.М., Максимкин В.А., Ольховский И.А., Хиль Е.И., Климовцова Я.О. Мобильные средства тушения некоторых видов ландшафтных пожаров // Технологии техносферной безопасности. 2024. № 3 (105). с. 155-169.
3. Климовцов В.М., Зверев А.В., Сайтов И.С. Повышение качества и надежности пожарных автомобилей. Материалы VII Международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» Ч. 2 - М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. – с. 119 – 121.

УДК 614.842.6
ББК 30.83

Василий Михайлович Климовцов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (V.Klimovcov@academygps.ru, SPIN 2900-9556, ID: 344081)

Дмитрий Игоревич Бармин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (barmin_777@mail.ru, SPIN 2633-7000, ID: 1020624)

Максим Сергеевич Кулешов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (m.kuleshov@academygps.ru, SPIN 4447-0462, ID: 1252517)

Состав парка основных пожарных автомобилей целевого применения в ГПС МЧС России

Аннотация. Одним из основных факторов успешного тушения пожара являются средства тушения пожара, а именно основные пожарные автомобили. В статье рассмотрены классификация основных пожарных автомобилей целевого применения, задачи, которые решаются с помощью данной техники. Выполнен анализ распределения по модельному ряду основных пожарных автомобилей целевого применения. Определен количественно-качественный состав мобильной техники.

Ключевые слова: Основные пожарные автомобили целевого применения, тактические возможности, тушение пожаров, анализ структуры парка основных пожарных автомобилей.

Vasily M. Klimovtsov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Dmitry I. Barmin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Maxim S. Kuleshov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Composition of the fleet of main fire trucks for targeted use in the State Fire Service of the Russian Ministry of Emergency Situations

Abstract. One of the main factors in successful firefighting is the firefighting equipment, namely the main firefighting vehicles. The article discusses the classification of the main firefighting vehicles for specific applications and the tasks that can be solved using this equipment. The article analyzes the distribution of the main firefighting vehicles for specific applications across the model range. It also identifies the quantitative and qualitative composition of the mobile equipment.

Keywords: Main fire trucks for special purposes, tactical capabilities, firefighting, analysis of the structure of the main fire trucks fleet.

Успешность тушения пожара зависит от сочетания факторов, связанных с обстановкой на пожаре, средствами тушения пожаров, тактикой действий пожарно-спасательных подразделений и подготовкой личного состава.

Одним из основных факторов успешного тушения пожара являются средства тушения пожара, а именно основные пожарные автомобили.

Основные пожарные автомобили, в зависимости от преимущественного использования и направлений оперативной деятельности подразделяются на автомобили общего и целевого применения.

При тушении пожаров на крупных пожаровзрывоопасных объектах тушение пожара будет эффективным, если применять основные автомобили целевого применения

Основные пожарные автомобили целевого применения - пожарные автомобили, предназначенные для тушения пожаров на нефтебазах, предприятиях лесоперерабатывающей, химической, нефтехимической промышленности, в аэропортах и на других специальных объектах.

К данной группе пожарных автомобилей относятся:

- пожарные автомобили порошкового тушения (АП);
- пожарные автомобили пенного тушения (АПТ);
- пожарные автомобили комбинированного тушения (АКТ);
- пожарные автомобили газового тушения (АГТ);
- пожарные автомобили газодляного тушения (АГВТ);
- пожарные автонасосные станции (ПНС);
- пожарные пеноподъемники (ППП);
- пожарные аэродромные автомобили (АА).

Различные виды пожарных автомобилей целевого применения находятся на вооружение в подразделениях ГПС МЧС России.

Зная типы основных пожарных автомобилей можно выделить их тактические возможности, которые раскрываются при тушении пожаров объектов различного функционального назначения [1].

Рассмотрим качественный и количественный состав некоторых из них.

Пожарный автомобиль порошкового тушения - пожарный автомобиль, оборудованный сосудом для хранения огнетушащего порошка, баллонами с газом или компрессорной установкой, лафетным и ручными стволами и предназначенный для доставки к месту пожара личного состава

В основном он применяется для тушения пожаров на электроподстанциях, тушения пожаров на предприятиях промышленности (нефтяной, химической, газовой, газоперерабатывающей, нефтеперерабатывающей).

На рисунке 1 представлено распределение пожарных автомобилей порошкового тушения (АП) по базовым шасси.

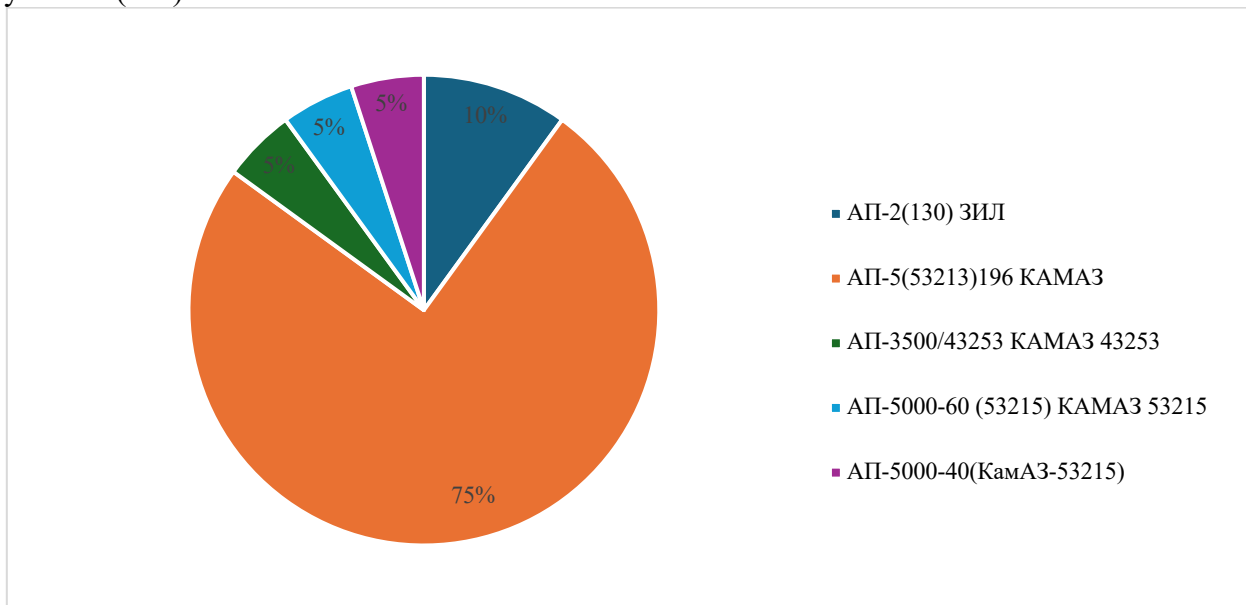


Рисунок 1 – Распределение пожарных автомобилей порошкового тушения по модельному ряду

Диаграммы показывают распределение пожарных автомобилей порошкового пожаротушения (АП) по типам. Подавляющую часть парка составляет АП-5 (53213) на базе

КАМАЗ - 75 % от общего количества. Значительно меньшую долю занимают АП-2 (130) на базе ЗИЛ - примерно 10 % и АП-3500/(43253) на базе КАМАЗ 43253 - 5 %.

Таким образом, структура парка АП характеризуется ярко выраженным доминированием одной модели при минимальном присутствии альтернативных типов.

Следующий вид ОПА ЦП - пожарный автомобиль пенного тушения. Автомобиль пенного тушения - пожарный автомобиль, оборудованный одной или несколькими емкостями для хранения пенообразователя, пожарным насосом с обвязкой коммуникаций и устройством для дозирования пенообразователя и предназначенный для доставки к месту пожара личного состава, пожарно-технического вооружения и проведения действий на предприятиях нефтехимической промышленности и в местах хранения нефтепродуктов.

Данный тип техники наиболее эффективен при тушении следующих видов пожаров:

- пожаров на объектах нефтяной промышленности (резервуарных парках, складах с горючими жидкостями, нефтеперерабатывающих предприятиях);
- пожаров в тоннелях, подземных парковках, складах, где доступ для пожарных и оборудования может быть ограничен замкнутым пространством.

Распределение данных автомобилей по модельному ряду представлено на рисунке 2.

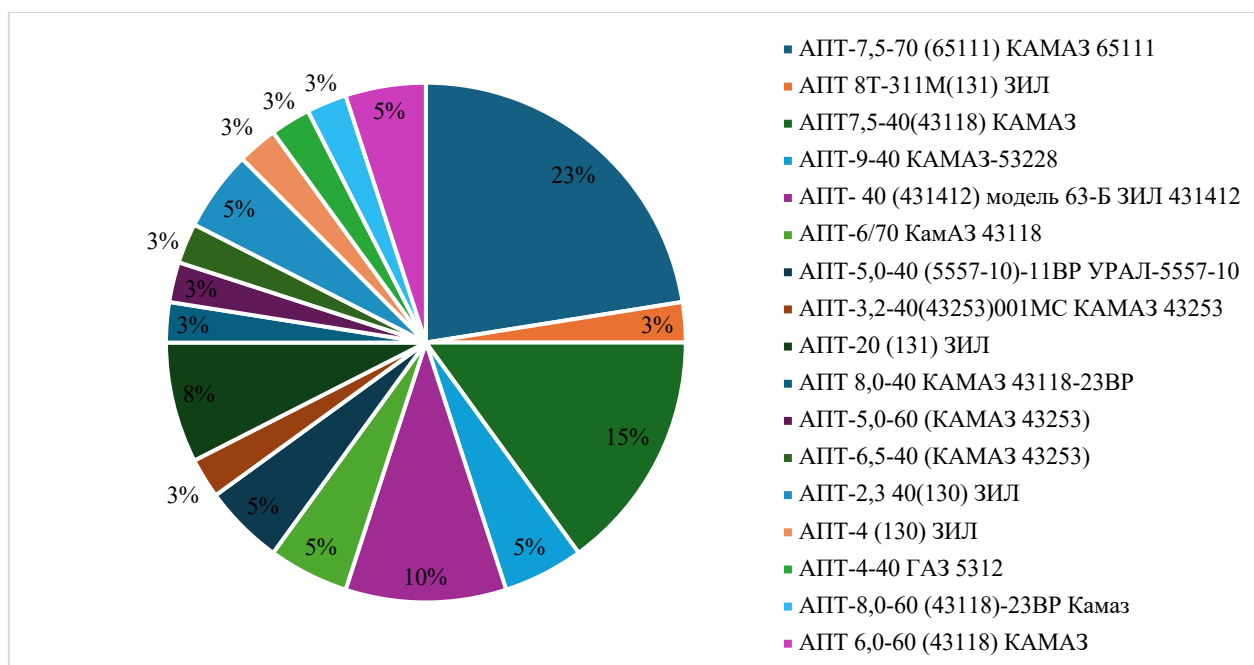


Рисунок 2 – Распределение пожарных автомобилей пенного тушения по модельному ряду

Диаграмма отражают распределение автомобилей воздушно-пенного тушения (АПТ) по типам. Наибольшую долю в парке составляет АПТ-7,5-70 на базе КАМАЗ 65111 - 23 % от общего количества. Второе место занимает АПТ-7,5-40 на базе КАМАЗ 43118 - 15 %. Существенную долю также имеют АПТ-40 на базе ЗИЛ 431412 (модель 63-Б) - 10 % и АПТ-20 на базе ЗИЛ-131 - 8 %.

Остальные типы представлены в количестве от одной до двух единиц каждый и в совокупности формируют около трети парка. В целом распределение АПТ характеризуется разнообразием типов при отсутствии абсолютного доминирования одной модели, однако техника на базе КАМАЗ занимает ведущие позиции.

При тушении крупных пожаров требуется большое количество огнетушащих веществ (воды) для тушения пожаров. Для этого применяют пожарные насосные станции.

Пожарная насосная станция - пожарный автомобиль, оборудованный пожарным насосом и предназначенный для подачи воды по магистральным пожарным рукавам непосредственно к переносным лафетным стволам или к пожарным автомобилям с

последующей подачей воды на пожар и для создания резервного запаса воды вблизи от места крупного пожара.

С применением ПНС решаются следующие задачи:

- **подача воды** из открытых водоёмов на значительные расстояния по магистральным рукавным линиям или металлическим трубопроводам;
- **обеспечение водой** пожарных автоцистерн, автонасосов, лафетных стволов и другой техники, используемой для тушения крупных пожаров;
- защита промышленных объектов, складских комплексов, торговых центров;
- обеспечение наружного пожаротушения при тушении пожаров на объектах нефтехимической промышленности;
- **заполнение искусственных водоёмов** при подготовке к тушению крупных пожаров;
- тушение пожаров в лесных массивах и на безводных участках;
- **обеспечение подачи воды** при тушении газовых и нефтяных фонтанов с применением пожарных автомобилей газовойдачи.

Количественно-качественный состав парка ПНС отображен на рисунке 3.

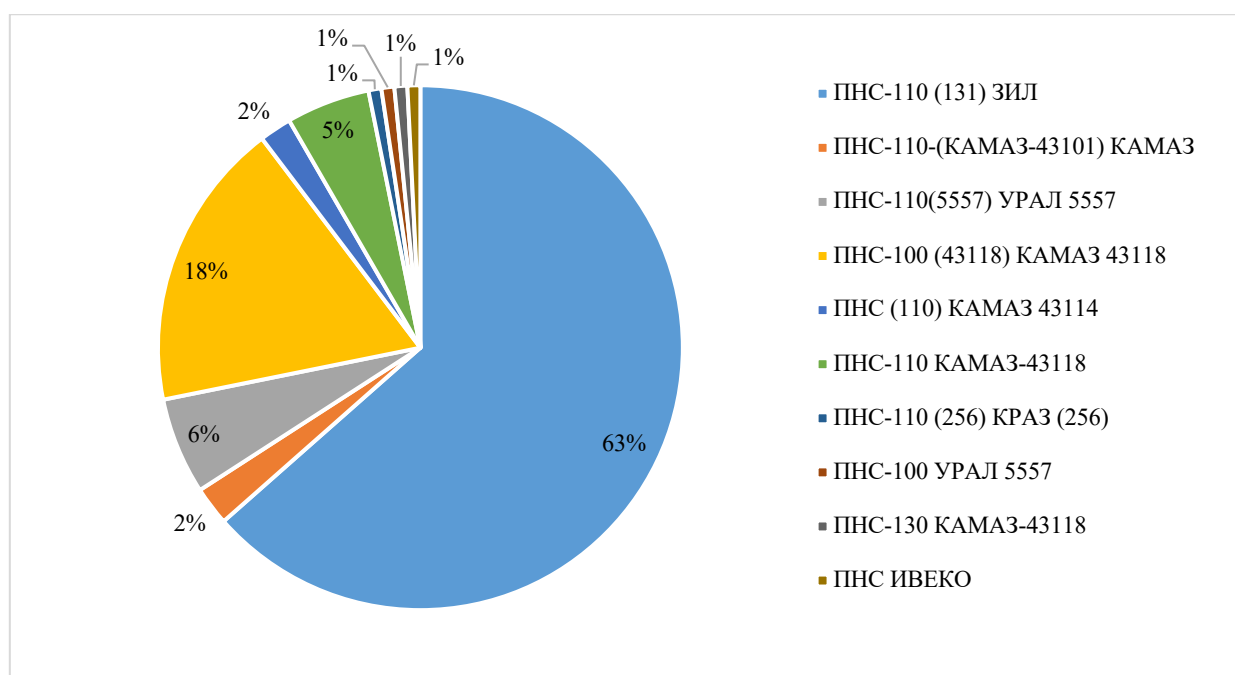


Рисунок 3 – Распределение пожарных насосных станций по модельному ряду

Рисунок показывает распределение пожарных насосных станций по типам и отображает выраженное доминирование одной модели. Основную часть парка составляет ПНС-110 (131) на базе ЗИЛ, а именно 63 % от общего количества. Второе место занимает ПНС-100 (43118) на базе КАМАЗ 43118 и занимает не более 18 %.

Остальные типы представлены значительно меньшим количеством: ПНС-110 на базе УРАЛ 5557 - 6 %, ПНС-110 на базе КАМАЗ-43118 - 5 %, а ПНС на базе КАМАЗ-43101 и КАМАЗ 43114 - около 2 % каждый. Прочие модели, включая КРАЗ, УРАЛ, КАМАЗ-130 и ИВЕКО, встречаются единично - примерно по 1 %.

В целом структура парка ПНС характеризуется низким разнообразием и высокой концентрацией техники одного типа.

Наибольшее распространение при тушении пожаров на объектах нефте-химической промышленности получили пожарные автомобили комбинированного тушения.

Пожарный автомобиль комбинированного тушения - пожарный автомобиль, оборудованный насосом, емкостями для хранения огнетушащих веществ и средствами их подачи и предназначенный для доставки к месту пожара личного состава, средств

комбинированного тушения и пожарно-технического вооружения для одновременной или последовательной подачи различных по свойствам огнетушащих веществ и проведения действий на промышленных предприятиях, объектах химической, нефтехимической и газовой промышленности, транспорте.

Сущность комбинированного способа тушения пожаров заключается в последовательной или одновременной подаче в очаг горения двух и более огнетушащих веществ. Огнетушащий порошок ликвидирует пламенное горение, а воздушно-механическая пена препятствует повторному воспламенению и дотушивает локальные участки горения.

Достоинство такого способа заключается в надежности тушения и эффективном использовании огнетушащих веществ.

На вооружении ГПС МЧС находится незначительное количество данных образцов техники, распределение по модельному ряду представлено ниже.

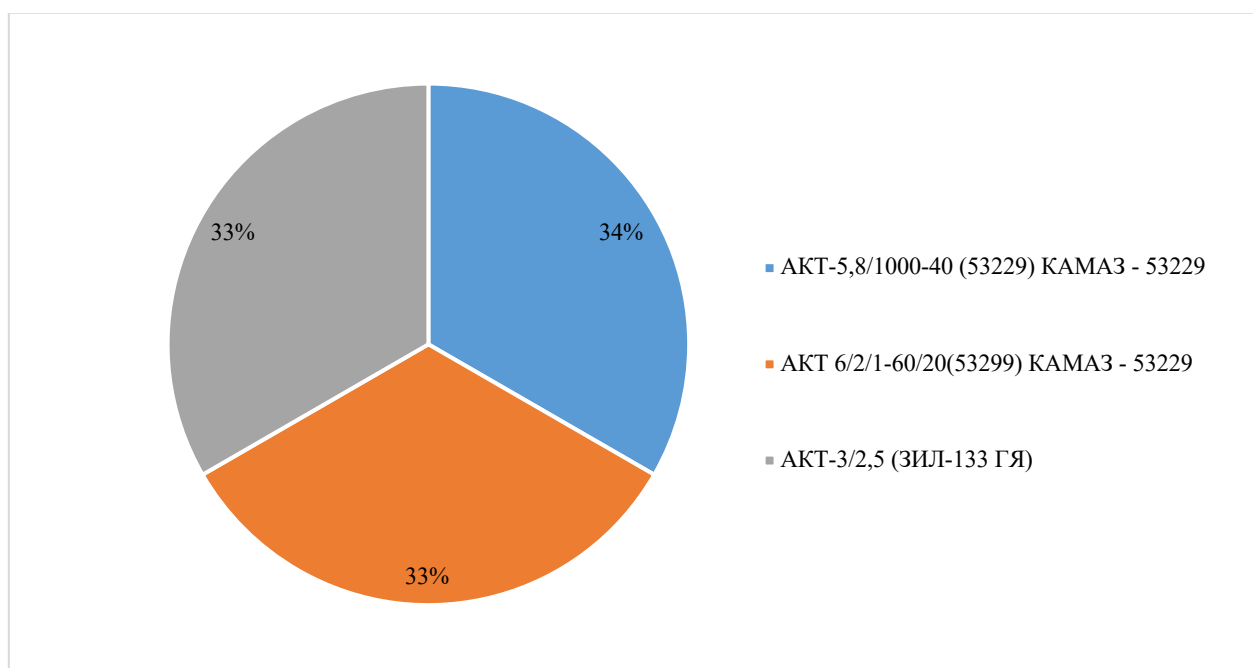


Рисунок 4 – Распределение автомобилей комбинированного тушения по модельному ряду

Диаграммы показывают распределение пожарных автомобилей комбинированного тушения (АКТ) по типам. В парке представлены три типа АКТ. Это АКТ-5,8/1000-40 на базе КАМАЗ-53229, АКТ 6/2/1-60/20 на базе КАМАЗ-53229 и АКТ-3/2,5 на базе ЗИЛ-133ГЯ. В процентном соотношении распределение является равномерным. В целом парк АКТ характеризуется малой численностью и отсутствием доминирующего типа.

Анализируя количественный и качественный состав основных пожарных автомобилей целевого применения мы можем выявить сильные и слабые стороны техники, а также определить тактические возможности данных образцов, специфику их применения при тушении пожаров на различных объектах в разных климатических и географических условиях [2].

В связи с достаточно большим количеством техники с длительными сроками службы существует необходимость в применении инновационных решений в устройстве и конструкции пожарных автомобилей целевого применения, расширении функциональных возможностей, создании оптимальной компоновки.

Анализ возрастной структуры парка основных пожарных автомобилей и их тактических возможностей позволяет спланировать стратегию по их замене.

Список источников

1. Пожарная и аварийно-спасательная техника: учебник : в 2 ч. П46 Ч. 1 / М. В. Алешков, В. В. Роечко, А. В. Рожков, В.М. Климовцов и [др.]; под ред. М. В. Алешкова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2023. – 400 с.
2. Климовцов В.М., Максимкин В.А., Ольховский И.А., Хиль Е.И., Климовцова Я.О. Мобильные средства тушения некоторых видов ландшафтных пожаров // Технологии техносферной безопасности. 2024. № 3 (105). с. 155-169.

Владимир Петрович Сорокоумов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (bugai21@bk.ru, SPIN 8633-6398, ID: 441293)

Некоторые аспекты эксплуатации пожарной техники при проведении процесса технического обслуживания и ремонта

Аннотация. В статье представлены результаты исследований приоритетных направлений эксплуатации мобильных средств пожаротушения. В рамках работы определено, что одним из способов повышения эффективности применения данной техники является ее техническая готовность к проведению мероприятий по спасению людей и материальных ценностей. Выполнен и приведен анализ существующих мобильных средств пожаротушения. Предлагаются методы организации проведения технического обслуживания и ремонта пожарной техники.

Ключевые слова: мобильные средства пожаротушения, техническая готовность, техническое обслуживание, ремонт, методы технического обслуживания и ремонта

Vladimir P. Sorokoumov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Some aspects of firefighting equipment operation during the maintenance and repair process

Annotation. The article presents the results of research on the priority areas of operation of mobile fire extinguishing equipment. As part of the work, it was determined that one of the ways to increase the effectiveness of the use of this technique is its technical readiness to carry out measures to save people and property. An analysis of existing mobile fire extinguishing equipment has been performed and presented. Methods of organizing maintenance and repair of fire equipment are proposed.

Keywords: mobile firefighting equipment, technical readiness, maintenance, repair, and maintenance and repair methods

Предельные сроки эксплуатации пожарных автомобилей на сегодня регламентированы рядом нормативных документов [1, 2]. Поэтому поддержание мобильных средств пожаротушения (МСП) в системе Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС) в постоянно исправном и работоспособном состоянии является одной из важнейших задач. Износ большей части аварийно-спасательной техники во многих регионах России является крайне актуальной задачей, требующей больших материальных затрат. Это связано с большим количеством мобильных средств пожаротушения, которые находятся в эксплуатации. Для поддержания в рабочем состоянии техники, которая стоит в расчёте, необходимо проводить её качественное обслуживание и ремонт.

На рисунке представлено соотношение видов техники.

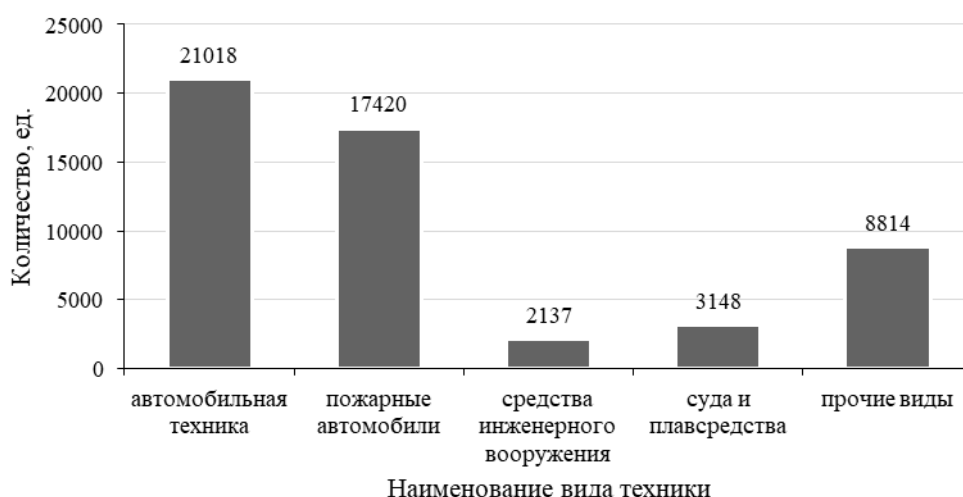


Рисунок – Количество техники по видам

Пожарные автомобили используются в различных режимах, начиная с дежурного и кончая следованием в пожарную часть. При этом техника подвергается воздействию рядом негативных факторов. Например:

- работа в неустановившемся режиме;
- изменяемые нагрузки;
- реверс;
- вибрации;
- увеличение истирания механизмов от попадания твёрдых частиц;
- пиковое изменение погодных условий;
- процессы коррозии.

Это значительно влияет на скорость износа трущихся поверхностей в системах, механизмах и деталях технических средств. Так, например износ двигателя оказывает уменьшение радиуса выезда и увеличение числа разгонов и торможений, которые происходят при движении пожарного автомобиля в городе при большой плотности транспортного потока.

Проблема эксплуатации пожарной техники связано с тем, что она работает так же и в стационарном режиме. Двигатели пожарных автомобилей эксплуатируются в неподвижном режиме автомобиля в качестве привода различных агрегатов.

Степень надёжности напрямую влияет на достижения конкретной цели. На работу системы влияют следующие факторы: исправность, работоспособность, пригодность к ремонту, безотказность, сроки эксплуатации и так далее. Для примера рассмотрим показатели ремонтпригодности пожарных автомобилей:

- вероятность восстановления;
- время, которое требуется для восстановления;
- трудозатраты для процесса восстановления;
- уровень интенсивности для восстановления и т. д.

Надёжность возможно повысить в процессе изготовления пожарной техники, используя в производстве современные технологии и увеличивая качество. Отказы пожарной техники при ее эксплуатации таким образом можно снизить.

Для проведения качественного технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей необходимо учитывать:

- проведение технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей производится не на специальных для этих целей местах, а именно не на постах технического обслуживания, что приводит к снижению качества проводимых работ;
- происходит снижение перечня работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Таким образом, возрастает вероятность возникновения отказов в работе систем и механизмов автомобиля, происходит неэкономный расход топлива, увеличивается износ узлов агрегатов, износ шин, которые могут привести к аварии.

Сегодня применяется на практике планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта, которая позволяет [3, 4]:

- повысить уровень надёжности автомобиля;
- увеличить коэффициент технической готовности;
- увеличить безопасность движения пожарного автомобиля;
- увеличить экологию эксплуатации пожарного автомобиля;
- увеличить сроки службы пожарного автомобиля.

Предлагается использовать следующие методы эксплуатации пожарной техники при проведении процессов технического обслуживания и ремонта.

Календарный метод.

Происходит выполнение обслуживания по временным интервалам. Применяется при временном решающем факторе в процессе износа элементов.

Поработочный метод.

Необходимо произвести расчёт наработки в часах, километрах и т. д. Актуален при неравномерной эксплуатации техники.

Диагностическое планирование.

Применяется при переходе на планирование на основе диагностики техники. Техническое обслуживание выполняется при наличии ухудшения технического состояния элементов техники. Идет экономия ресурсов с помощью сокращения количества технических обслуживаний. При проведении этого планирования необходимо наличие средств контроля состояния технических средства. Этот метод влияет на количество внеплановых простоев, количество которых уменьшается.

Одним из главных факторов предотвращения отказов работоспособности систем и механизмов пожарных автомобилей является проведение их своевременного восстановления.

Проведение комплекса работ по поддержанию технической готовности автомобиля и работоспособности систем и агрегатов является главной задачей ремонта и технического обслуживания.

При эксплуатации пожарного автомобиля возможен его выход из строя и появления неисправностей механизмов и агрегатов. Для устранения этого необходимо проведение комплекса работ по восстановлению исправности и работоспособности механизмов и систем. Для технического обслуживания и ремонта необходимы специалисты, оборудование, запасные части и материалы, то есть нужны силы и средства.

Все перечисленные средства необходимы для поддержания и восстановления систем и механизмов пожарной техники, которые составляют систему технического обслуживания и ремонта. На современном этапе в связи с повышением качества технических средств для выполнения этой задачи необходимы материальные средства. Поэтому необходимо четкое планирование и учет затрат материальных средств для проведения технического обслуживания и ремонта, что напрямую влияет на выполнение поставленных задач по спасению людей и тушению пожаров.

Список источников

1. Сорокоумов В.П. Алгоритм принятия решений при управлении эксплуатацией пожарной и аварийно-спасательной техники/ Фадейкин Е.А., Спехин Н.И. // Материалы 27-й Международной научно-технической конференции «Системы безопасности – 2018. - М.: Академия ГПС России, 2018. С. 172-175.
2. Аристархов В.А. Поддержка принятия решения о необходимости замены пожарных автомобилей в пожарно-спасательных подразделениях [Электронный ресурс] / В.А. Аристархов, А.В. Рожков // Технологии техносферной безопасности. - 2021. - № 2 (92). - С. 106-115.

3. Сорокоумов В.П. Показатели надежности пожарных автомобилей/ Жамурзов А.М. // Материалы VII Международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» в 2 ч. Ч. 2. -2020. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. – 173 с. С. 141-144.
4. Сорокоумов В.П. Система эксплуатации пожарно-спасательной техники при чрезвычайных ситуациях/ Кусов А.В.// Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны «Гражданская оборона на страже мира и безопасности». – 2020. - М.: Академия ГПС России, 2020. С. 299-302.

УДК 614.842.6
ББК 30.83

Василий Михайлович Климовцов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (V.Klimovcov@academygps.ru, SPIN 2900-9556, ID: 344081)

Дмитрий Игоревич Бармин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (barmin_777@mail.ru, SPIN 2633-7000, ID: 1020624)

Максим Сергеевич Кулешов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (m.kuleshov@academygps.ru, SPIN 4447-0462, ID: 1252517)

Распределение основных пожарных автомобилей общего применения по модельному ряду в подразделениях Государственной Противопожарной Службы МЧС России

Аннотация. Эффективное использование современных пожарных автомобилей является одним из основных факторов, влияющих на уменьшение количества погибших на пожарах, а также уменьшение материального ущерба от пожаров. В публикации рассматривается актуальный вопрос о количественном и качественном составе пожарных автомобилей общего применения. Результаты анализа могут быть использованы при определении тактических возможностей подразделений пожарной охраны, а также в определении потребности в материально-технических ресурсах для поддержания основных пожарных автомобилей в технической готовности.

Ключевые слова: Основные пожарные автомобили, тактические возможности, техническая готовность, распределение по модельному ряду.

Vasily M. Klimovtsov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Dmitry I. Barmin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Maxim S. Kuleshov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Distribution of the main general-purpose fire trucks by model range in the State Fire Service of the Russian Ministry of Emergency Situations

Abstract. The effective use of modern fire trucks is one of the main factors affecting the reduction of fatalities in fires, as well as the reduction of material damage from fires. The publication discusses the current issue of the quantitative and qualitative composition of general-purpose fire trucks. The results of the analysis can be used to determine the tactical capabilities of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations, as well as to determine the need for material and technical resources to maintain the main fire trucks in technical readiness.

Keywords: Main fire trucks, tactical capabilities, technical readiness, and distribution by model range.

Состояние технических ресурсов в системе Государственной Противопожарной Службы МЧС России (ГПС МЧС России) во многом определяет оперативные возможности пожарной охраны по тушению пожаров [1]. В настоящее время подразделения ГПС МЧС России обладают множественными техническими ресурсами, наиболее значимой составляющей, которых является парк пожарных автомобилей, под которым понимается вся

совокупность мобильной пожарной техники, состоящей на вооружении пожарной охраны и используемой в оперативной деятельности подразделений.

Эффективное использование пожарных автомобилей является одним из основных факторов, влияющих на уменьшение количества погибших на пожарах, а также уменьшение материального ущерба от пожаров [2].

На текущий период времени в составе парка техники пожарно-спасательных подразделений России зарегистрировано свыше 17 тысяч основных и специальных пожарных автомобилей. Основная часть парка пожарных автомобилей в России состоит из автоцистерн, на долю которых приходится около 70% от общего количества

Основные пожарные автомобили (ОПА): Пожарные автомобили, предназначенные для доставки личного состава к месту вызова, тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ с помощью вывозимых на них огнетушащих веществ и пожарного оборудования, а также для подачи к месту пожара огнетушащих веществ от других источников.

Основные пожарные автомобили общего применения - пожарные автомобили, предназначенные для тушения пожаров в городах и других населенных пунктах.

К данному типу ОПА относятся:

- пожарные автоцистерны (АЦ);
- пожарные автоцистерны с лестницей (АЦЛ);
- пожарные автоцистерны с коленчатым подъемником (АЦПК);
- пожарно-спасательные автомобили (АПС);
- пожарно-спасательные автомобили с лестницей (АПСЛ);
- пожарные автомобили первой помощи (АПП);
- пожарные насосно-рукавные автомобили (АНР);
- пожарные автомобили с насосом высокого давления (АВД).

По величине допустимой полной массы пожарные автомобили делятся на три класса:

- легкие с полной массой от 2 000 до 7 500 кг (*L*-класс);
- средние с полной массой от 7 500 до 14 060 кг (*M*-класс);
- тяжелые с полной массой свыше 14 000 кг (*S*-класс).

Значительная часть основных пожарных автомобилей изготовлена на шасси автомобилей «КамАЗ», «Урал», «ЗИЛ».

Распределение основных пожарных автомобилей общего применения легкого, среднего и тяжелого класса по модельному ряду представлена на диаграммах ниже.

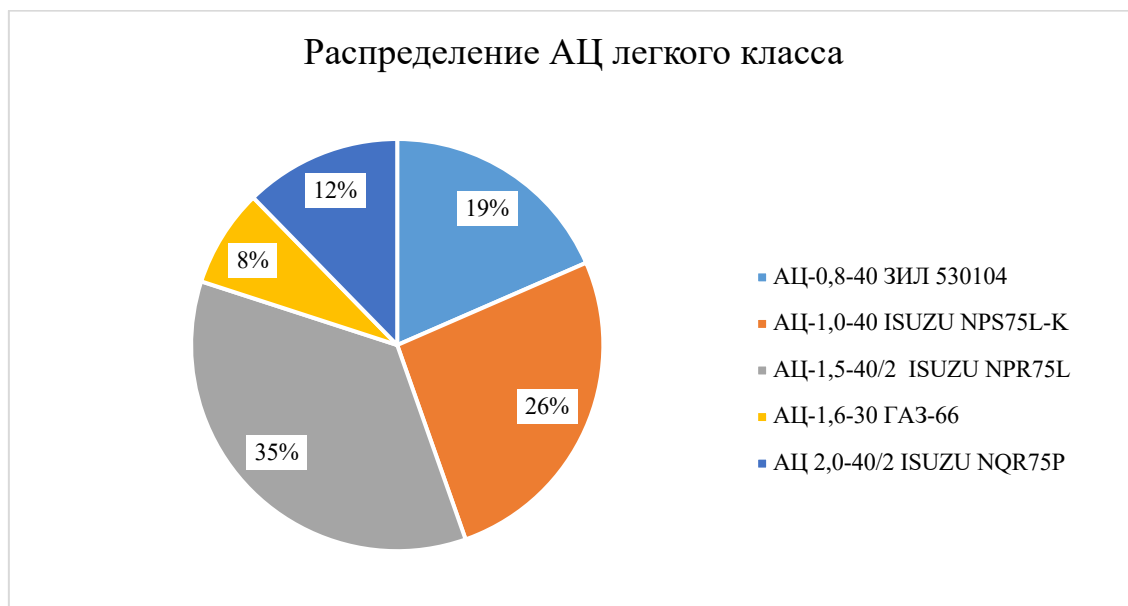


Рисунок 1 – Распределение автоцистерн лёгкого класса по модельному ряду

Диаграмма отражает распределение автоцистерн лёгкого класса по типам. Наибольшую долю составляет АЦ-1,5-40/2 на базе ISUZU NPR75L - около 35 %, что делает данную модель наиболее распространённой в своём классе. Существенную часть парка также формируют АЦ-1,0-40 на базе ISUZU NPS75L-K - 26 % и АЦ-0,8-40 на базе ЗИЛ 530104 - 19 %.

Оставшиеся типы представлены в меньшем объёме: АЦ-2,0-40/2 на базе ISUZU NQR75P составляет около 12 %, а АЦ-1,6-30 на базе ГАЗ-66 - порядка 8 %. В целом парк автоцистерн лёгкого класса характеризуется преобладанием техники на базе ISUZU при наличии ограниченного числа альтернативных моделей.

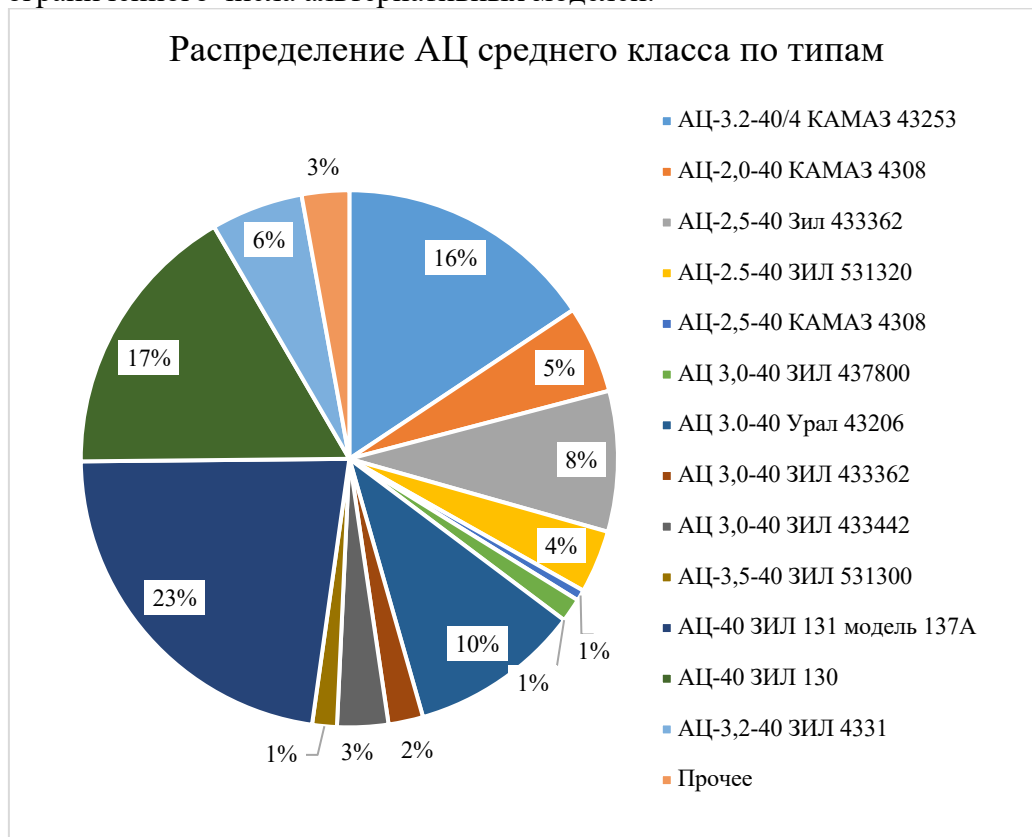


Рисунок 2 – Распределение автоцистерн среднего класса по модельному ряду

Диаграмма показывает распределение автоцистерн среднего класса по типам и подчёркивает неоднородность парка. Наибольшую долю занимает АЦ-40 на базе ЗИЛ 131 (модель 137А) - около 23 %. Существенную часть также составляют АЦ-40 на базе ЗИЛ 130 (17 %) и АЦ-3,2-40/4 на базе КАМАЗ 43253 (16 %).

Заметные доли имеют АЦ-3,0-40 на базе Урал 43206 (10 %) и АЦ-2,5-40 на базе ЗИЛ 433362 (8 %). Остальные модели представлены значительно меньшими долями - в диапазоне от 1 до 6 % каждая. Категория «Прочее» занимает около 3 %, объединяя редкие типы, не оказывающие существенного влияния на общую структуру.

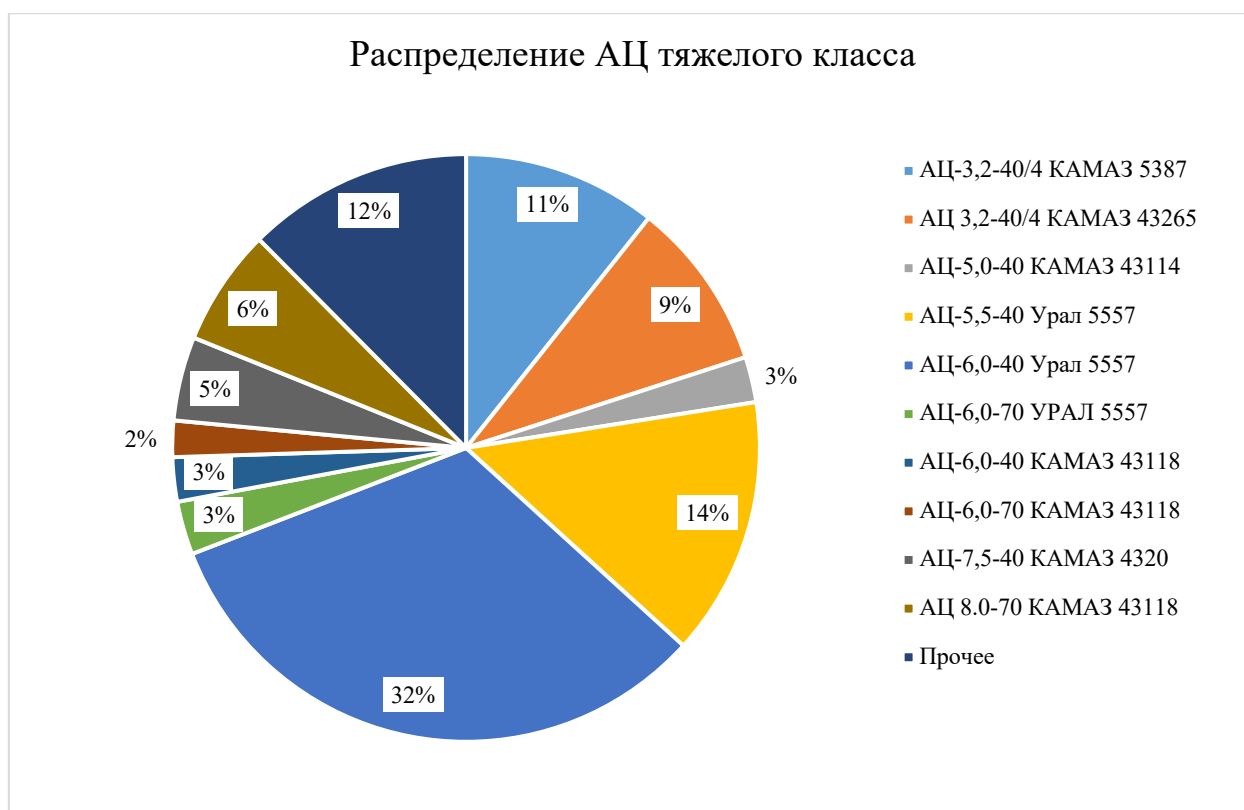


Рисунок 3 – Распределение автоцистерн тяжелого класса по модельному ряду

Диаграмма иллюстрирует распределение автоцистерн тяжёлого класса по типам. Доминирующее положение занимает АЦ-6,0-40 на базе Урал 5557 - около 32 % парка. Значительную долю также составляют АЦ-5,5-40 Урал 5557 (14 %), АЦ-3,2-40/4 КАМАЗ 5387 (11 %) и АЦ-3,2-40/4 КАМАЗ 43265 (9 %).

Категория «прочее» занимает порядка 12 %, объединяя редкие модели. Остальные типы представлены долями от 2 до 6 % каждый. В целом структура тяжёлого класса характеризуется концентрацией на нескольких базовых моделях при наличии заметного числа специализированных и менее распространённых вариантов.

Рассмотренное распределение основных пожарных автомобилей общего применения по модельному ряду в подразделениях ГПС МЧС России позволяет определить тактические возможности подразделений ГПС МЧС, а также спрогнозировать потребность в материально-технических ресурсах для поддержания основных пожарных автомобилей в технической готовности [3].

Список источников

1. Брушлинский Н.Н. Системный анализ в управлении пожарной охраной. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2017.
2. Брылов Н.Н., Климовцов В.М. Повышение технической оснащённости территориального пожарно-спасательного гарнизона г. Москвы. Материалы двадцать восьмой международной научно-технической конференции "Системы безопасности - М.: Академия ГПС МЧС России, 2019 с. 250-253.
3. Климовцов В.М., Бодько А.А. Повышение эффективности деятельности ремонтно-технического центра главного управления МЧС России по Ростовской области Материалы VII Международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации» Ч. 2 - М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. – с. 128 - 130.

Анатолий Иванович Захаров

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (shlisi@mail.ru, SPIN 1432-2824, ID: 1021604)

Анализ механизмов гидрооборудования лесопожарной техники на гусеничном ходу

Аннотация. В данной статье проводится анализ механизмов гидрооборудования, для выполнения бульдозерных работ. Указанные работы характеризуются тем, что силовой гидроцилиндр выполняет в зависимости от места их размещения в вертикальной плоскости. Данное перемещение происходит одновременно с перемещением прямого отвала в вертикальной плоскости. Что позволяет создавать защитные валы, а также профилировать грунтовые дороги.

Ключевые слова: гидравлическая система, отвал, гидроцилиндр, рабочие давление, нагрузка, приложенная к штоку.

Anatoly I. Zakharov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Abstract. This article analyzes the mechanisms of hydraulic equipment for performing bulldozing operations. These operations are characterized by the fact that the power hydraulic cylinder performs movements depending on its location in the vertical plane. These movements occur simultaneously with the movement of the straight blade in the vertical plane. This allows for the creation of protective barriers and the profiling of dirt roads.

Keywords: hydraulic system, blade, hydraulic cylinder, working pressure, load applied to the rod.

Пожарная техника помимо основной задачи по тушению очагов возгорания, может выполнять работы по созданию защитных валов и лесозащитных полос. Наличие гидросистемы позволяет перемещать в вертикальной плоскости отвал для изменения объёма перемещаемого грунта.



Рисунок 1 – Пример создания лесозащитной полосы с помощью лесопожарной техники

Прямой отвал применяется при различных бульдозерных работах. Данный отвал эффективен при перемещении грунта нормальной прочности. Основой создания

лесозащитных полос является сочетание механических элементов и гидравлической системы управления.

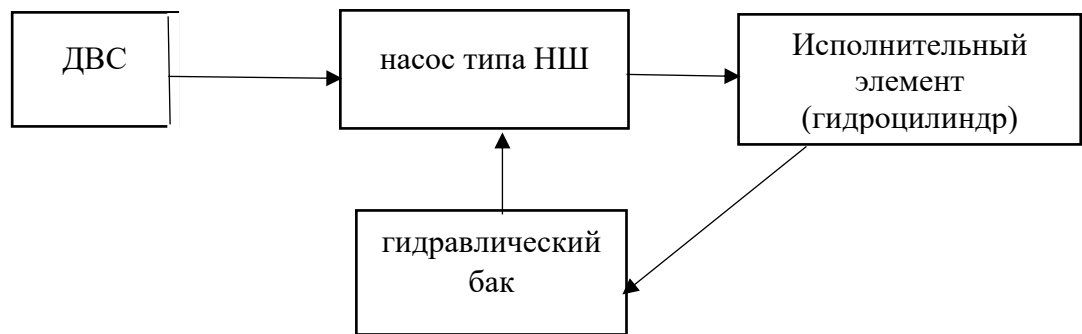


Рисунок 2 – Общая блок – схема гидравлического оборудования

В машинах, использующих энергию технической жидкости происходит приведение в действие гидравлические аппараты различного типа. В общем случае работа гидравлического оборудования основана, на следующем – ДВС приводит в движение элементы насоса НШ. Данный насос закачивает жидкость из бака с гидравлической жидкостью. Далее гидравлическая жидкость поступает к исполнительному механизму (гидроцилиндру). Гидроцилиндр [1] выполняет необходимые действия перемещения в вертикальной плоскости. При этом движение осуществляется кинематической системой – шток гидроцилиндра [2] с отвалом. Гидроцилиндр имеет возможность фиксации положения штока в замкнутом пространстве объёма цилиндра. При выполнении необходимых действий для проведения необходимых работ, есть возможно синхронного подъёма отвала с одновременным перемещением гусеничной техники.

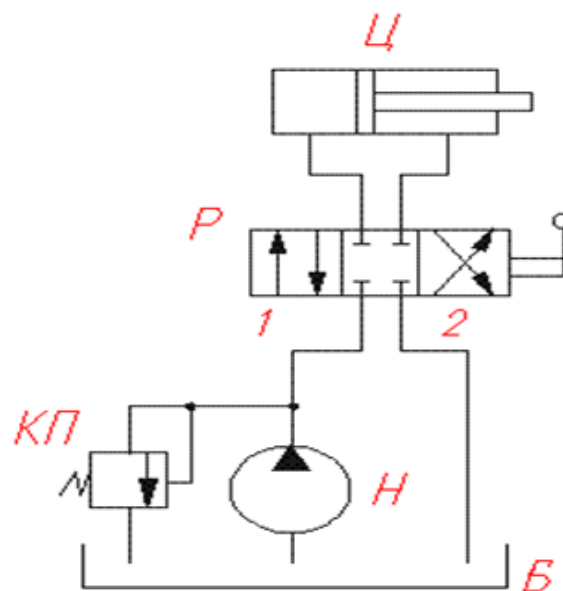


Рисунок 3 – Общая гидравлическая схема возвратно – поступательного движения

Указанная схема работает следующим образом: из бака «Б» по всасывающей гидролинии насос «Н» нагнетает гидравлическую жидкость по напорной линии в распределитель «Р». В зависимости от положения плунжера (1, 2) направляет жидкость в одну из гидролиний силового цилиндра «Ц». При перемещении поршня вдоль цилиндрической поверхности цилиндра происходит вытеснение жидкости из штоковой полости, Вытесняемая

жидкость через распределитель «Р», поступает в бак «Б». Для изменения направления движения поршня цилиндра необходимо изменить положения золотника в распределителе. После этого движение поршня будет осуществляться в другом направлении.

Для создания рабочего давления в гидравлической системе применяются насосы типа НШ. Насос обеспечивает нагнетание минерального масла. Крутящий момент передается непосредственно от силовой установки.

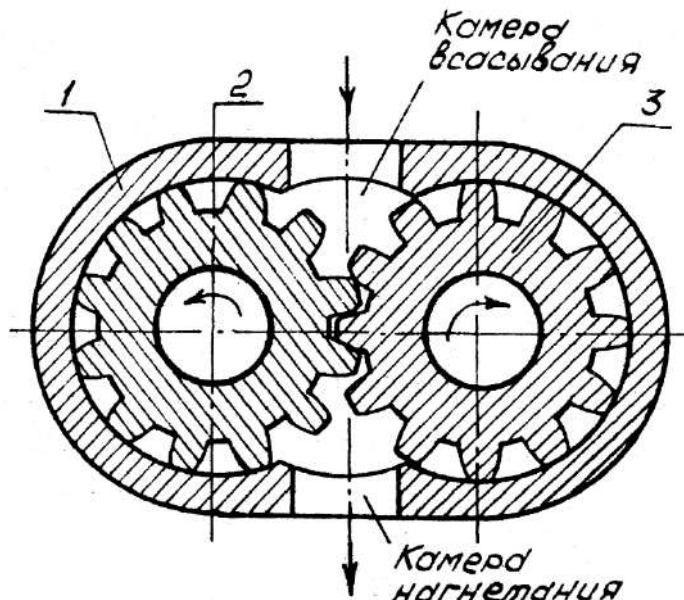


Рисунок 4 – Схема шестеренного насоса с внешним зацеплением

Насос с внешним зацеплением состоит из двух одинаковых шестерен (2, 3). При этом необходимо отметить следующие, в зависимости от конструкции, любая из шестерен может быть ведущей. Они находятся в зацеплении и располагаются в камере, стенки которой охватывают их с минимальными зазорами. Камеру образуют корпус (1) и боковые крышки. По обоим сторонам зацепления располагаются две камеры – камера всасывания и камера нагнетания. Которые соединяются с линиями низкого давления и высокого давления. Гидравлическая жидкость заполняет впадины между зубьями и перемещается по периферии зубьев из полости камеры всасывания в полость камеры нагнетания, где вытесняется в линию с рабочим давлением.

Шестеренные насосы обладают простой конструкцией, что обеспечивает их широкое применение в технике. В зависимости от исполнения они могут работать при давлениях до 30 МПа в диапазоне частот вращения от 500 до 6000 мин⁻¹. величина объемного КПД достигает величины 95%, а общий КПД – 80 ... 85%..

Объемные потери зависят от того, что поверхности сопряжения подвижных пар и рабочей полости имеют минимальные зазоры. Эти зазоры определяются технологией производства и необходимостью снижения трения. Под действием перепадов давления через зазоры происходят утечки гидравлических жидкостей, которые уменьшают фактическую подачу насоса и расход гидравлической жидкости, поступающей в рабочие полости исполнительного элемента. Суммарный расход объемов утечек, происходящих за единицу времени, называется объемными потерями.

Относительная величина объемных потерь называется объемным коэффициентом полезного действия (объемный КПД).

Формула объемного КПД имеет вид:

$$\eta_{Q_H} = \frac{Q_H}{Q_{0H}} = 1 - \frac{\Delta Q_H}{Q_{0H}}$$

где:

Q_{0H} – идеальный расход насоса;

Q_H – суммарный расход вследствие утечек в насосе;

В дальнейшем рабочее давление из гидравлического трубопровода поступает в рабочую полость гидравлического цилиндра. Гидравлические цилиндры имеют возможность выполнять возвратно – поступательные движения. Это позволяет получить линейные перемещения исполнительного органа машины (отвала). В общем случае, бульдозерный отвал должен выполнять возвратно – поступательные движения в вертикальной плоскости. Указанные движения позволяют выполнять гидроцилиндр двухстороннего действия.

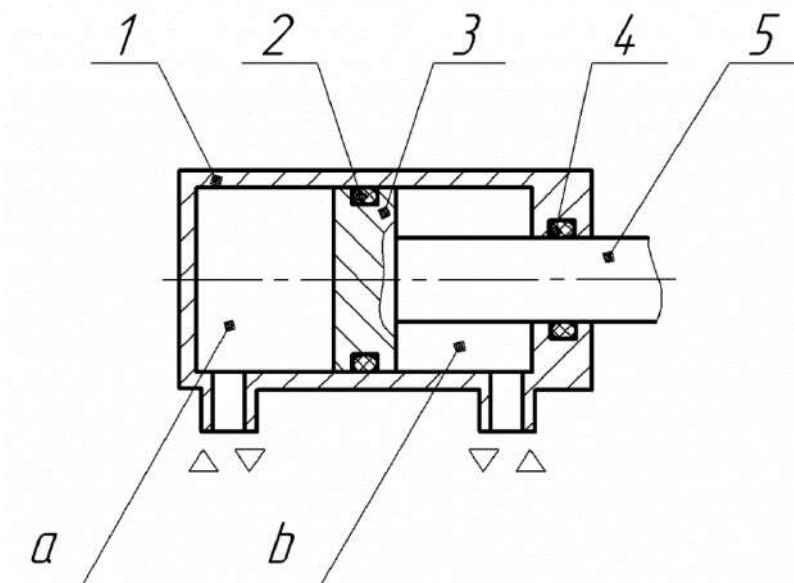


Рисунок 5 – Схема гидроцилиндра двухстороннего действия

1. Корпус (гильза); 2. Уплотняющий элемент (манжет) поршня; 3. Поршень;
4. Уплотняющий элемент (манжет) штока; 5. Шток

В общем случае работы гидроцилиндра двухстороннего действия, нагрузка, приложенная к штоку, уравнивается разностью сил давления жидкости на поршень. Нужно отметить следующие в геометрическом плане, что в полости расположения штока площадь рабочего поршня будет меньше, чем площадь рабочего поршня. Разность площадей будет влиять на давления гидравлической жидкости. Это позволяет определить усилие, прикладываемое к штоку.

$$F_{ш} = \frac{\pi}{4} (D_{п}^2 p_{п.п} - d_{ш}^2 p_{ш.п})$$

где:

$D_{п}$ – диаметр поршня;

$p_{п.п}$ – давление в поршневой полости;

$d_{ш}$ – диаметр штока;

$p_{ш.п.}$ – давление в штоковой полости.

Рабочий ход поршня равен полной рабочей длине гидроцилиндра. Обратный ход обеспечивается изменением подачи гидравлической жидкости в штоковую полость, а гидравлическая жидкость из поршневой полости должна поступать на сливную линию.

Несущим элементом гидроцилиндра является гильза. Внутренняя поверхность должна обладать высокой степенью чистоты. Дополнительно указанная поверхность хромируется.

После нанесения хромового покрытия поверхность полируется. Во всех неподвижных соединениях, устанавливаются уплотнения.

Поршень соединяется со штоком. Поршень должен обеспечивать герметичность системы: поршень – стенка гильзы, и возможно минимальное трение. Это обеспечивается при помощи использования манжетных уплотнений. Манжетные уплотнения действуют на эффекте самоуплотнения. В этом случае внутреннее давление распирает манжет и прижимает его к поверхности. Это позволяет выполнять необходимые технические функции гидроцилиндра. Сам гидроцилиндр может выполнять технические функции в зависимости от состояния шестерного насоса и качества гидравлической жидкости.

Список источников

1. ГОСТ 16514 – 96 «Гидроприводы объёмные. Гидроцилиндры. Общие технические требования»
2. ГОСТ 6540 – 68 «Гидроцилиндры и пневмоцилиндры. Ряды условных параметров»
3. Исаев Ю.М. Гидравлика и гидропневмопривод: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Ю.М. Исаев, В.П. Коренев – 4-е изд. стер. М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 176 с.
4. Основы гидравлики и теплотехники: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Т. А. Суэтина, А. Н. Румянцева, Т. В. Артемьева, Е.Ю. Жажа. – М.: Издательский центр «Академия», 2020. – 240 с.
5. Шестапалов К.К. Подъёмно – транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / К.К. Шестапалов – 10-е изд., стер. – М.; Издательский центр «Академия», 2019. – 320 с.

УДК: 614.8
ББК: 68.9

Виталий Леонидович Ефименко

ФГКОУ ВО «Донецкий институт ГПС МЧС России», Донецк, Россия
(vitaliy.yefimenko.74@mail.ru, SPIN 2316-4691, ID: 1212067)

Антон Александрович Федосов

ФГКОУ ВО «Донецкий институт ГПС МЧС России», Донецк, Россия (toni.fedosov@mail.ru)

Беспилотные летательные аппараты в системе МЧС

Аннотация. В статье рассматриваются особенности применения беспилотных авиационных систем в подразделениях МЧС России при ликвидации чрезвычайных ситуаций. Проанализированы основные задачи, решаемые с использованием беспилотных летательных аппаратов, включая разведку, мониторинг, поиск пострадавших и доставку грузов. Рассмотрены характеристики и возможности современных беспилотных комплексов, применяемых в системе МЧС. Показано, что использование беспилотной авиации повышает оперативность реагирования и эффективность проведения аварийно-спасательных работ.

Ключевые слова: Беспилотные авиационные системы (БАС), БВС, МЧС России, чрезвычайная ситуация, мониторинг, разведка.

Vitaly L. Efimenko

Donetsk Institute of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Donetsk, Russia

Anton A. Fedosov

Donetsk Institute of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Donetsk, Russia

Unmanned aerial vehicles in the Ministry of Emergency Situations system

Abstract. The article discusses the use of unmanned aerial systems (UAS) in the Russian Ministry of Emergency Situations to solve reconnaissance, special and transport tasks in emergency situations.

Keywords: Unmanned aerial systems (UAS), MENA, Russian Ministry of Emergency Situations, emergency, monitoring, intelligence.

В настоящее время наблюдается интенсивное развитие технологий беспилотной авиации. В ряде ситуаций проведение разведки места происшествия силами сотрудников экстренных служб сопряжено с повышенным риском, а использование пилотируемой авиации для обследования зоны чрезвычайной ситуации оказывается невозможным. Подразделения Министерства по чрезвычайным ситуациям Российской Федерации активно внедряют беспилотные авиационные комплексы для решения разнообразных задач разведывательного, транспортного и специального характера [2].

Беспилотная авиация МЧС России позволяет оперативно и эффективно предотвращать, и реагировать на возникшие природные и техногенные ЧС.

Беспилотная авиационная система (БАС) – комплекс взаимосвязанных элементов, включающий в себя одно или несколько беспилотных воздушных судов, средства обеспечения взлёта и посадки, средства управления полётом одного или нескольких беспилотных воздушных судов и контроля за полётом одного или нескольких беспилотных воздушных судов [1].

Беспилотное воздушное судно (БВС) – воздушное судно, управляемое, контролируемое в полёте пилотом, находящимся вне борта этого воздушного судна (внешний пилот).

Система применения БАС – организованное использование (применение) стоящих на оснащении БАС, сил и средств управления ими, сбора, обработки и доведения до потребителей получаемой с помощью БВС информации, а также сил и средств всестороннего обеспечения их применения.

Основные задачи, решаемые с применением БАС

Разведывательные задачи:

- Осуществление воздушной разведки с целью передачи в режиме реального времени, необходимых сведений органам управления и спасательным формированиям;
- Воздушный поиск объектов интереса и наблюдение за ними, патрулирование заданных районов с воздуха, контроль надводной обстановки, а также выполнение задач для проведения поисковых мероприятий по выявлению очагов ЧС;
- Инженерная разведка маршрутов движения (колонных путей и троп), сооружений, заграждений и прочих объектов;
- Метеорологическая разведка;
- Ледовая разведка;
- Оценка эффективности применения авиационно-спасательных технологий в ходе ликвидации последствий ЧС;
- Аэрофотосъёмка заданных территорий с последующей топографической привязкой фотографий, а также видео-фотодокументирование объектов контроля для получения обзорных и детализированных изображений;
- Формирование трёхмерных моделей местности и электронных карт.

Специальные задачи:

- поиск терпящих бедствие экипажей воздушных и морских судов, рыбаков на льдинах и другие;
- поиск пострадавших при сходе снежных лавин;
- сопровождение и наведение мобильных поисковых групп;
- определение точных координат границ района ЧС и объектов поиска;
- обеспечение связи и ретрансляция данных (команд);
- контроль зон ЧС;
- оповещение населения о ЧС;
- мониторинг пожароопасной и паводковой обстановки;
- экологический мониторинг;
- проведение замеров в районе химических и радиационных аварий;
- мониторинг состояния линейных и площадных объектов.

Транспортные задачи:

- доставка малогабаритных грузов (индивидуальных средств спасения, медицинских аптечек и других грузов) в назначенное место.

БВС обладают рядом преимуществ, по сравнению с другими средствами, которые позволяют решать задачи поиска и спасения:

- оперативность и точность предоставления результатов;
- высокие манёвренные возможности;
- выполнение поставленных задач в самом эпицентре ЧС без угрозы для жизни спасателей;
- экономичность;
- относительно небольшое количество привлекаемых сил и средств;
- возможность как одновременного использования выделенных сил и средств, так и последовательного их использования.

Основными типами применяемых в настоящее время БАС в МЧС России для выполнения задач на территориях большой площади являются:

- БАС с БВС самолётного типа – Орлан-10, Supercam S-350;

- БАС с БВС вертолётного типа – Гранад ВА-1000.
- БВС «Гранад ВА-1000»

Система предназначена для оперативного видеонаблюдения, мониторинга территории в повседневном и кризисном режимах, выполнения разведывательных задач специального назначения, а также для доставки средств индивидуального спасения пострадавшим. БВС способен выполнять задачи в простых и сложных метеорологических условиях, осуществлять видеонаблюдение в ночное время и при ограниченной видимости. Габаритные размеры БВС в собранном состоянии не превышают $1730 \times 1730 \times 495$ мм, полезная нагрузка составляет не менее 2,5 кг, что соответствует почти половине от максимального взлётного веса — не более 5,5 кг. Радиус полёта (в прямой видимости) достигает 15 км, а максимальная продолжительность полёта составляет не менее 90 минут. Максимальная скорость полёта не превышает 50 км/ч.



Рисунок 1 – БВС «Гранад ВА-1000»

БВС «Орлан-10»

Беспилотная авиационная система «Орлан-10» с воздушным судном самолётного типа предназначена для наблюдения за крупными и локальными объектами на значительном удалении [3] и мониторинга обширных территорий. Использование комплекса с беспилотными аппаратами «Орлан-10» позволяет осуществлять контроль над земными объектами в труднодоступной местности. Комплекс хорошо зарекомендовал себя при проведении поисково-спасательных операций.



Рисунок 2 – БВС «Орлан-10»

В конструкции беспилотного воздушного судна «Орлан-10» применена модульная архитектура, что позволяет оперативно изменять состав бортового оборудования. В основной состав бортовой аппаратуры входят гиростабилизированные фото- и видеокамера, а также

тепловизор. Существенным преимуществом БАС «Орлан-10» является возможность управления с одной наземной станции управления (НСУ) одновременно четырьмя воздушными судами, при этом одно из них может выполнять функции ретранслятора для передачи сигнала на НСУ от воздушных судов, находящихся вне зоны прямой видимости. Максимальный взлётный вес БВС «Орлан-10» составляет 18 кг, из которых пять килограммов приходится на полезную нагрузку. Планер БВС выполнен по аэродинамической схеме высокоплана с передним расположением двигателя и тяговым винтом. В качестве силовой установки используется бензиновый двигатель внутреннего сгорания. Движение на стартовом участке осуществляется посредством специальной разборной катапульты.



Рисунок 3 – Запуск БВС Орлан-10

Путевая скорость может достигать 90-150 км/ч в зависимости от скорости и направления ветра. Максимальное время полёта составляет 16 часов, при этом дальность действия комплекса достигает 120 км от наземного пункта управления, высота полёта над уровнем моря может достигать 5000 метров, что позволяет применять БАС для обследования объектов на значительном удалении или проведения разведки крупных площадных районов. Маршрут БВС отображается с помощью спутниковых систем GPS или ГЛОНАСС. Посадка БВС «Орлан-10» осуществляется с использованием парашюта после получения команды с пункта управления на снижение скорости и раскрытие купола.

БВС Supercam S-350

Беспилотная авиационная система «Supercam S-350» с воздушным судном самолётного типа предназначена для выполнения панорамной и плановой аэрофотосъёмки и аэровидеосъёмки, а также для решения задач наблюдения и разведки при чрезвычайных ситуациях. Значительное время полёта — около 4,5 часов — позволяет фотографировать обширные площади или протяжённые линейные объекты длиной более 300 км.



Рисунок 4 – БВС Supercam S-350

На БВС «Supercam S-350» можно разместить необходимую полезную нагрузку до 1,5 кг и, по результатам измерений, создавать высокоточные 3D-модели местности и фотопланы.

БВС взлетает с эластичной/пневматической катапульты и приземляется при помощи парашюта. Используемая аэродинамическая схема «летающее крыло» обеспечивает БВС высокую устойчивость и хорошую управляемость, что позволяет использовать БВС «Supercam S-350» в сложных метеорологических условиях. Компоновочная схема с тянущей силовой установкой наиболее соответствует решаемым задачам. Система автоматического управления и информационно-измерительная аппаратура позволяют производить видеосъёмку и фотосъёмку с регистрацией текущих параметров (координаты, высота и т.д.). Такое информационное обеспечение значительно облегчает последующую обработку, а главное — позволяет автоматизировать процесс обработки полученных материалов с целью изготовления ортофотопланов и 3D-моделей местности.

Каждый тип БВС, вертолётный (мультикоптерный) и самолётный (с неподвижным крылом), имеют свои достоинства и недостатки.

Основные преимущества БВС вертолётного типа – вертикальный взлёт, возможность зависать над объектом, относительная простота управления.

Недостатки – невысокая скорость, малый радиус применения из-за ограниченного времени нахождения в воздухе по причине большой энергозатратности.

Достоинства БВС самолётного типа – это относительно большая скорость и дальность полёта, продолжительное время нахождения в воздухе.

Недостатки – невозможность зависать в заданной точке, требуется либо специальная «взлётная полоса», либо пусковая установка в виде катапульты. Чтобы благополучно посадить аппарат обратно на землю, также потребуется взлётно-посадочная полоса, парашют или сеть.

К недостаткам также следует отнести необходимость серьёзной специальной подготовки внешних пилотов, что требует более высоких затрат на обучение персонала навыкам управления, необходимым для полёта.

БВС Supercam SX350 (конвертоплан)

Первый серийно производимый отечественной промышленностью тип БВС «конвертоплан» Supercam SX350 совмещает в себе конструктивные особенности БВС самолётного и вертолётного типа.

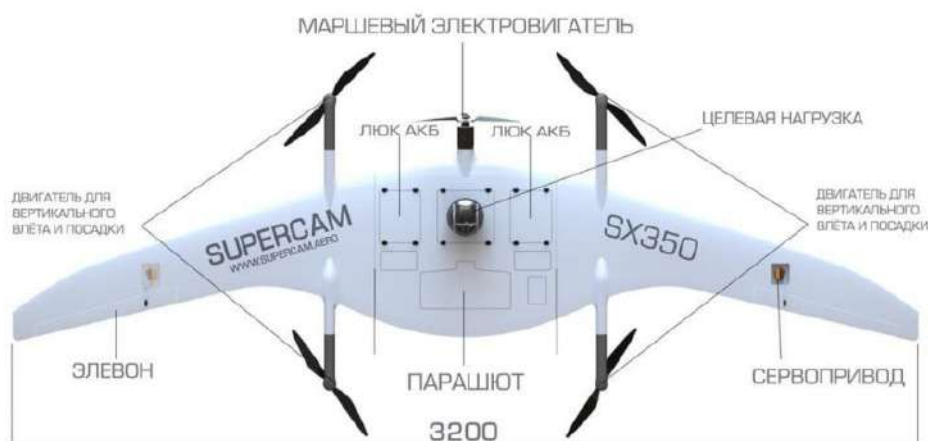


Рисунок 5 – Устройство Supercam SX350

Преимуществами данной модели являются возможность вертикального взлёта-посадки, отсутствие необходимости в поиске взлётно-посадочного участка, возможность совмещения различных типов полезной нагрузки. БВС, выполненное по аэродинамической схеме «летающее крыло», обладает полётными качествами, отлично подходящими для проведения высоко детальной аэрофотосъёмки и аэровидеосъёмки в любое время суток на больших площадях, в труднодоступных местах, в различных климатических условиях.

Конвертоплан может находиться в воздухе до 120 минут, имея при этом максимальную скорость 120 км/ч. Максимальная дальность полёта составляет не менее 160 км.

Аэродинамическая схема предусматривает возможность совмещения разных типов унифицированной полезной нагрузки с использованием средств фотовидеофиксации, возможность оснащаться модулем автоматического сопровождения и удержания цели, передавать точные координаты объектов. При этом возможна передача HD-видео в режиме реального времени на расстояние до 50 км.

Кроме традиционных возможностей для проведения оперативного мониторинга подстилающей поверхности, в данном комплексе реализованы возможности для размещения мультиспектральных камер, газоанализаторов и установки лазерного сканирования местности, высокоточного геодезического оборудования.

Список источников

1. Об утверждении Правил разработки и применения беспилотных авиационных систем: постановление Правительства РФ от 11.03.2010 № 138 // Собрание законодательства РФ. – 2010. – № 12. – Ст. 1345.
2. Беспилотные летательные аппараты в системе МЧС России/ А. В. Матвеев, И. Н. Рожков, С. В. Уткин и др. // Технологии гражданской безопасности. – 2021. – Т. 18, № 4 (70). – С. 52–57.
3. Зинченко, Д. В. Беспилотные летательные аппараты: классификация, области применения, перспективы развития/ Д. В. Зинченко, А. В. Мельников // Научный вестник МГТУ ГА. – 2019. – № 2 (256). – С. 45–53.

УДК 614.8
ББК 68.9

Дмитрий Александрович Иощенко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (dmitriy.i@mail.ru, SPIN 9263-4728, ID: 767944)

Дмитрий Игоревич Бармин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (barmin_777@mail.ru, SPIN 2633-7000, ID: 1020624)

Станислав Николаевич Королев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (stas_korolev_1996@mail.ru, SPIN 3318-7226, ID: 1212074)

Алексей Николаевич Лебедев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (dragee2721@mail.ru, SPIN 6402-0470, ID: 1107195)

Анализ особенности конструкции и элементов огнетушителей для тушения пожаров класса D

Аннотация. В статье рассмотрены особенности конструктивного исполнения огнетушителей, предназначенных для тушения пожаров класса D. Проведен анализ применяемых огнетушащих порошковых составов специального назначения и их классификации. Описаны основные элементы конструкции огнетушителей, включая корпус, головку, источник вытесняющего газа, запорно-пусковые устройства и насадки. Показано, что конструктивные особенности огнетушителей для тушения металлических пожаров связаны со спецификой подачи огнетушащего вещества на очаг горения и требованиями безопасности при эксплуатации таких средств пожаротушения.

Ключевые слова: пожаротушение, пожар, огнетушитель, класс пожара.

Dmitriy A. Ioshchenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Dmitriy I. Barmin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Stanislav N. Korolev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Alexey N. Lebedev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Maksim S. Kuleshov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Analysis of the design features and elements of fire extinguishers for class D fires

Abstract. The paper presents an analysis of fire-extinguishing compositions used for extinguishing class D fires and the design of fire extinguishers and their elements.

Keywords: fire extinguishing, fire, fire extinguisher, fire class.

Анализ огнетушащих составов применяемых для тушения пожаров класса D показал, что в российской и мировой практике для тушения используются порошковые огнетушащие составы специального назначения. Согласно классификации, приведенной в ГОСТ 34634-2020 «Порошки огнетушащие специального назначения. Общие технические требования. Методы испытаний» порошковые огнетушащие составы делятся на целевые (предназначенные только для тушения определенного подкласса металлов, их сплавов и металлосодержащих

соединений) и универсальные (предназначенные для тушения всех подклассов металлов, их сплавов и металлосодержащих соединений). В огнетушителях предназначенных для тушения пожаров класса D в качестве огнетушащего вещества используется огнетушащий порошок специального назначения.

Огнетушители, как правило, состоят из следующих основных частей:

- корпус - это цилиндрическая, шаровая или сплюснутая эллипсоидная емкость для хранения огнетушащего вещества. Корпус огнетушителя чаще всего изготавливают из стали. Огнетушитель может иметь одну или несколько таких емкостей, которые заряжаются одним и тем же или различными огнетушащими веществами. Емкости могут быть установлены на специальную раму (ранцевый огнетушитель) или тележку (передвижной огнетушитель);

- головка огнетушителя - узел (сборочная единица), который устанавливается при помощи резьбового, фланцевого или другого вида соединения в горловину корпуса огнетушителя и служит для размещения индикатора давления, запускающего и/или запорно-пускового устройства огнетушителя, а также источника вытесняющего газа. Головка огнетушителя чаще всего изготавливается из цветного металла (латунь или алюминиевый сплав) или из пластмассы;

- источник вытесняющего газа - баллон со сжатым (воздух или азот) или сжиженным (диоксид углерода) газом, который используется для вытеснения огнетушащего вещества из корпуса огнетушителя и подачи его на очаг горения. Вместо газового баллона для этой же цели применяется газогенерирующее устройство, в котором при горении или химическом взаимодействии компонентов пиротехнического состава выделяется газ, используемый для вытеснения огнетушащего вещества из корпуса огнетушителя. Конструкция газогенерирующего устройства должна исключать возможность попадания в огнетушащее вещество каких-либо фрагментов газогенерирующего устройства или твердых продуктов реакции взаимодействия его компонентов. В редких случаях для подачи огнетушащего вещества применяют ручной воздушный насос, термический элемент или эжектор. Источник вытесняющего газа может располагаться как внутри, так и с внешней стороны корпуса огнетушителя.

В качестве вытесняющего газа для зарядки в огнетушители закачного типа и в баллоны высокого давления применяют: воздух, азот, аргон, жидкий диоксид углерода, гелий или их смеси. Азот, аргон и диоксид углерода должны быть не ниже первого сорта.

Газовая трубка или аэратор (используется только в порошковых огнетушителях) - металлическая или пластмассовая трубка, по которой газ из баллона или от газогенерирующего устройства поступает в нижнюю часть корпуса огнетушителя, затем проходит через порошок, взрыхляя (аэрируя) его, поднимается в верхнюю часть корпуса, где образуется объем вытесняющего газа с рабочим давлением. В остальных типах огнетушителей газ подается непосредственно в верхнюю часть корпуса (без газовой трубки), над слоем огнетушащего вещества.

Сифонная трубка - металлическая или пластмассовая трубка, по которой огнетушащее вещество подается из корпуса огнетушителя в запорно-пусковое устройство и насадок.

Предохранительное устройство, которое срабатывает в том случае, если давление вытесняющего газа внутри огнетушителя превысит определенное безопасное значение. В качестве предохранительного устройства может применяться пружинный клапан или разрывная мембрана. Предохранительные устройства, как правило, не устанавливаются на закачных огнетушителях низкого давления.

Индикатор давления (применяемый в закачных огнетушителях) - прибор, позволяющий визуально контролировать наличие вытесняющего газа и оценивать величину его избыточного давления в корпусе огнетушителя. В качестве индикатора давления обычно используют манометр или специальный индикатор

Запускающее устройство - узел огнетушителя с источником вытесняющего газа, предназначенный для приведения огнетушителя в действие путем вскрытия газового

баллона или запуска газогенерирующего устройства. Боек для запуска газогенерирующего устройства огнетушителя должен приводиться в движение пружиной с тарированным усилием (поскольку усилие, с которым оператор бьет по кнопке запускающего устройства, бывает недостаточным или избыточным для срабатывания инициирующего капсюля).

Запорно-пусковое устройство - узел огнетушителя, предназначенный для прерывания и возобновления подачи огнетушащего вещества. Оно может располагаться или в головке огнетушителя, или на конце гибкого шланга (пистолет). Запорно-пусковое устройство огнетушителя не должно совмещать в себе функцию запускающего устройства, т.е. нельзя одним и тем же устройством, выполняя одно и то же движение, вскрывать газовый баллон (запускать газогенерирующее устройство) и управлять потоком огнетушащего вещества.

Насадок огнетушителя - устройство, предназначенное для формирования струи огнетушащего вещества.

Гибкий шланг, которым насадок может быть соединен с сифонной трубкой или запорно-пусковым устройством (если оно расположено в головке огнетушителя). Шланг служит для удобства управления струей огнетушащего вещества при подаче его на очаг пожара.

Ручка для переноски огнетушителя с полной массой не более 20 кг или тележка с ручкой для перемещения более тяжелого (передвижного) огнетушителя. Форма и размеры ручки для переноски огнетушителя и рычага запорно-пускового устройства должны обеспечивать удобство и безопасность захвата их кистью руки в рукавице. Расстояние между цилиндрической частью корпуса огнетушителя и ручкой или рычагом, расположенными параллельно цилиндрической части корпуса огнетушителя (в месте захвата их рукой), должно быть не менее 30 мм. Длина ручек для огнетушителей с полной массой более 5 кг должна быть не менее 90 мм.

Блокирующий фиксатор (чека), который предотвращает случайное срабатывание огнетушителя в результате его падения или удара при транспортировании.

Конструкция огнетушителя должна исключать необходимость его переворачивания в момент приведения в действие и во время работы.

За рубежом в огнетушители (особенно устанавливаемые в детских учреждениях) стали устанавливать светодиоды, которые подсвечивают огнетушитель в темном помещении, и устройство, информирующее оператора о порядке работы с огнетушителем, когда его снимают с кронштейна.

На сегодняшний день на рынке данные присутствуют огнетушители с маркировкой «ОПС...». Несмотря на их специфику и узкую область применения они применяются, как правило, на достаточно серьезных производственных и складских объектах защиты, таких как объекты военно-промышленного комплекса, Росатома и т.д. Именно необходимость защиты данных объектов специальными огнетушителями вызвала разработку межгосударственных стандартов, предъявляющих общие технические требования к данным видам продукции, а так же разработку методов испытаний, результатами которых эти требования могут быть подтверждены.

Конструктивное исполнение существующих на данный момент огнетушителей для тушения пожаров классов D конструктивно схожи с огнетушителя общего назначения для тушения классов АВСЕ. Основное отличие заключается в способе подачи огнетушащего вещества на очаг горения, которое осуществляется по принципу засыпания, для чего необходимо погасить энергию струи огнетушащего вещества, для этих целей используется насадок успокоитель, схема и размеры которого указаны на рисунке 1 для переносных огнетушителей и на рисунке 2 для передвижных огнетушителей.

Насадок-успокоитель переносного огнетушителя

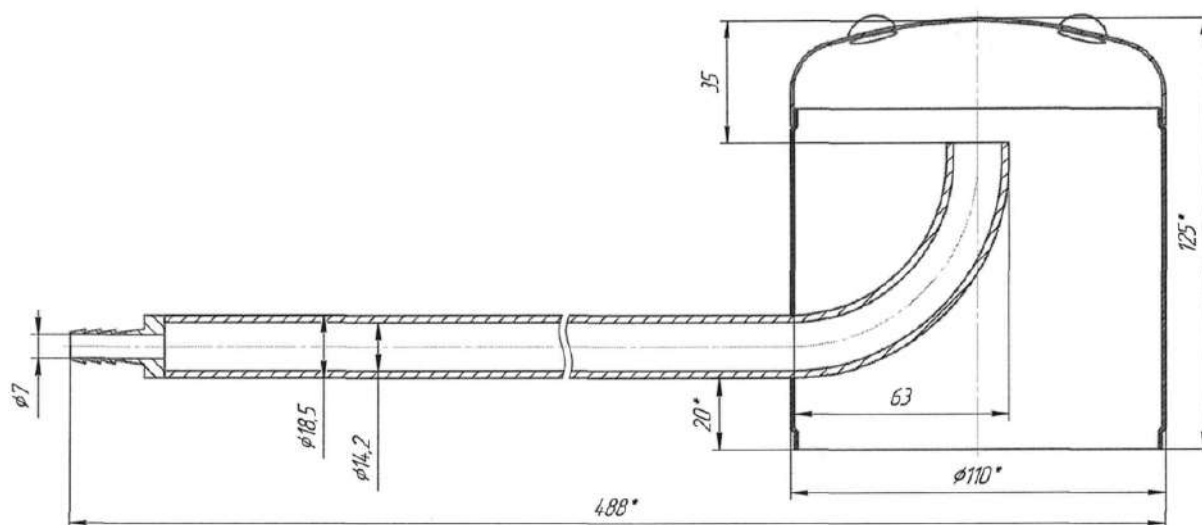


Рисунок 1 – Схема и размеры насадка-успокоителя переносного огнетушителя

Насадок-успокоитель передвижного огнетушителя

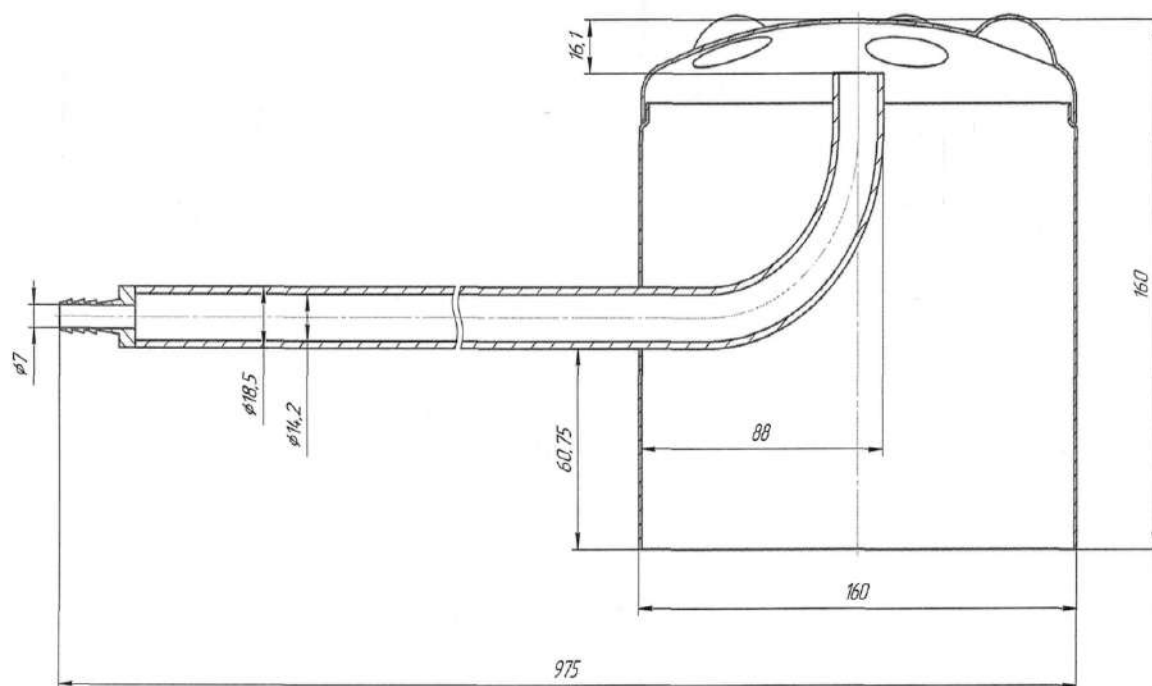


Рисунок 2 – Схема и размеры насадка-успокоителя передвижного огнетушителя

Список источников

1. Технический регламент Таможенного союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ТС 043/2017).
2. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением» (ТР ТС 032/2013).
3. Пожары и пожарная безопасность в 2023 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО, 2024

4. Баратов А.Н., Вогман Л.П. Огнетушащие порошковые составы. // М: Стройиздат 1982 г
5. Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles [Электронный ресурс] / Roeland Bisschop, Ola Willstrand, Francine Amon, Max Rosengren // RISE Fire Research. – Швеция, 2019. – URL: https://www.researchgate.net/publication/336640117_Fire_Safety_of_LithiumIon_Batteries_in_Road_Vehicles.

УДК 614.8
ББК 68.9

Дмитрий Александрович Иощенко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (dmitriy.i@mail.ru, SPIN 9263-4728, ID: 767944)

Ольга Петровна Прошина

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (O.Proshina@academygps.ru, SPIN 3679-7936, ID: 535338)

Сергей Александрович Макаров

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (s.makarov@academygps.ru, SPIN 5961-0780, ID: 695632)

Дмитрий Игоревич Бармин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (barmin_777@mail.ru, SPIN 2633-7000, ID: 1020624)

Станислав Николаевич Королев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (stas_korolev_1996@mail.ru, SPIN 3318-7226, ID: 1212074)

Применение воздушно-механической пены для тушения автомобильного бензина

Аннотация. В работе представлены результаты экспериментальных исследований эффективности применения воздушно-механической пены при тушении автомобильного бензина. Проведено сравнительное исследование огнетушащей способности пены, образующей водную пленку, и пены общего назначения, не образующей пленку. Определены зависимости времени тушения от интенсивности подачи пены и установлены критические значения интенсивности подачи. Показано, что пленкообразующие пенообразователи обеспечивают более высокую огнетушащую эффективность и предотвращают повторное воспламенение горючего.

Ключевые слова: пожаротушение, пена, пенообразователь, огнетушитель.

Dmitriy A. Ioshchenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Olga P. Proshina

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Sergey A. Makarov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Dmitriy I. Barmin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Stanislav N. Korolev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Application of air-mechanical foam for extinguishing automobile gasoline

Abstract. The paper presents the comparative results of experimental studies on determining the fire-extinguishing efficiency of film-forming foam and non-film-forming foam, when extinguishing the flame of automobile gasoline.

Keywords: fire extinguishing, foam, foam agent, fire extinguisher.

В случае возникновения аварии на автотранспортном средстве существует угроза воспламенения бензина из топливного бака и бензопроводов. Горение разлитого автомобильного топлива представляет опасность движению автотранспорта и окружающим.

В практике пожаротушения горючих жидкостей широко применяется воздушно-механическая пена. Такую пену можно получить при использовании воздушно-пенного или воздушно-эмульсионного огнетушителя. Однако результативность прекращения горения автомобильного топлива во многом зависит от типа пенообразователя, используемого в качестве заряда к огнетушителю и объема самого огнетушителя. Водители чаще всего возят в автомобиле огнетушители небольшого объема, с массой заряда от 2 до 5 кг, поэтому необходимо обратить особое внимание на состав заряда к огнетушителю, от которого во многом и зависит огнетушащая эффективность пены.

Предотвращение доступа от поверхности топлива в зону горения горючих паров лежит в основе огнетушащего действия пены. Раньше считалось, что для тушения горючей жидкости необходимо полностью покрыть ее поверхность пеной. Сейчас это не так. Иным механизмом огнетушащего действия обладает пена, приготовленная на основе специальных фторсинтетических пенообразователей. Тушащее действие такой пены во многом определяется способностью выделившейся водной пленки самопроизвольно растекаться по поверхности бензина и предотвращать доступ горючих паров и газов в зону горения. Пленка образуется из водного раствора поверхностно-активных веществ, который через систему каналов постепенно выделяется из пены под действием сил гравитации, а также в результате разрушения пены от воздействия тепла факела пламени [1, 2].

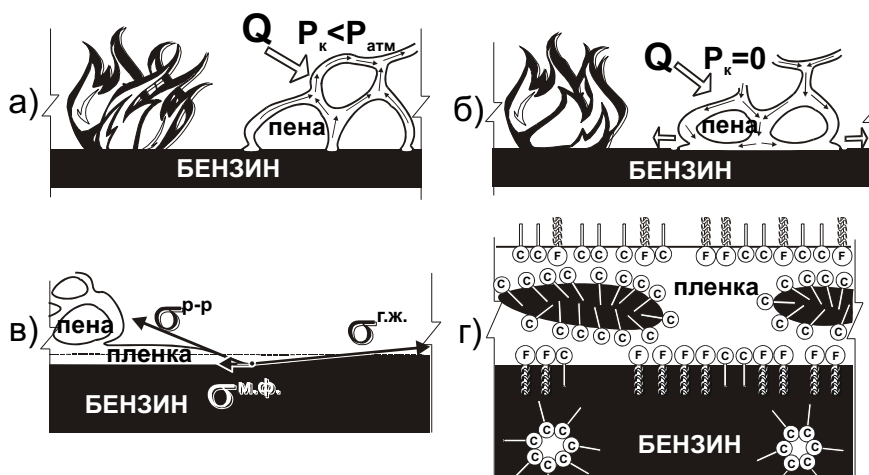


Рисунок 1 – Образование, растекание и разрушение водной пленки, выделяющейся из пены на поверхности бензина (пояснения в тексте)

Детализация механизма образования и растекания пленки из пены неразрывно связана с рассмотрением влияния таких параметров, как: капиллярное давление в пенных каналах Плато-Гиббса нижних слоев пены, которое уменьшается при разрушении верхних слоев пены под воздействием факела пламени; извлечение и растекание свободного раствора под действием сил поверхностного натяжения углеводорода; изменение поверхностной активности раствора пенообразователя после извлечения углеводородных ПАВ из пленки.

Экспериментально обнаружено, что растекание водной пленки из пены происходит с некоторой задержкой. Существование этого эффекта обусловлено наличием в пенных каналах Плато-Гиббса капиллярного давления (рисунок 1а), препятствующего извлечению и растеканию раствора. Через 10-15 секунд после нанесения пены на поверхность бензина наблюдается формирование наружной кромки (рисунок 1б), что свидетельствует о снижении капиллярного давления в нижних слоях пены и образовании равновесной пленки под ней. Образование продуктов распада пены под воздействием факела пламени также вносит свой положительный вклад в процесс снижения капиллярного давления в пенных каналах. Равнодействующая сил поверхностного натяжения горючего ($\sigma^{г.ж.}$), поверхностного натяжения раствора ПАВ ($\sigma^{р-р}$) и межфазного натяжения на границе пленка-углеводород ($\sigma^{м.ф.}$), направлена в сторону свободной поверхности, поэтому происходит формирование

пленки на поверхности бензина (рисунок 1в), которое сопровождается постоянным извлечением раствора из пены.

После того как пленка полностью покрывает поверхность бензина, выделяющийся из пены раствор тратится на подпитку уже образовавшейся пленки. Пленка, стабилизированная углеводородными и фторированными ПАВ способна существовать довольно продолжительное время, однако между пленкой, и углеводородом происходит взаимный обмен молекулами (рисунок 1г). Молекулы углеводородных ПАВ, которые входят в состав пенообразующей композиции проникают в горючее, а молекулы горючего в водную пленку. Разрушение водной пленки чаще всего происходит только после прекращения подпитки раствором из пены. Именно в этом случае не происходит компенсация утраченных углеводородных ПАВ новыми пополнениями из недавно выделившегося раствора. Извлечение углеводородных ПАВ из пленки приводит к росту межфазного натяжения системы пленка-углеводород, что влечет за собой снижение коэффициента растекания, появление разрывов и разрушение пленки. Данный факт согласуется с вышеизложенным выводом о том, что растекание пленки возможно только при положительном термодинамическом коэффициенте растекания раствора по горючему [2].

В последнее время на рынок поступают пенообразователи, обладающие высокой пленкообразующей способностью. Возникла необходимость оценки и сравнения основных параметров тушения пленкообразующей пеной и пеной не способной образовывать водную пленку на поверхности горючего.

Определение огнетушащей эффективности пены производилось по стендовой методике определения огнетушащей эффективности пены средней кратности в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50588-93 [3]. Указанная методика отличается от стендовой методики ГОСТ Р 50588-2012 [4] наличием набора модельных горелок различного диаметра (модельных очагов). Это позволяет определить критическую интенсивность подачи пены и определить время тушения в широком диапазоне интенсивностей.

По результатам тушения построены зависимости времени тушения от интенсивности подачи пены (рис. 2)

Из графика видно, что при интенсивностях близких к $0,04 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ пена, приготовленная на основе пенообразователя общего назначения не смогла потушить бензин, в то время как минимальная (критическая) интенсивность для тушения пленкообразующей пеной составляет менее $0,015 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. При этом время тушения пленкообразующей пеной при интенсивностях близких к $0,02 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ сопоставимо с временем тушения пеной из пенообразователя общего назначения при интенсивностях более $0,08 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

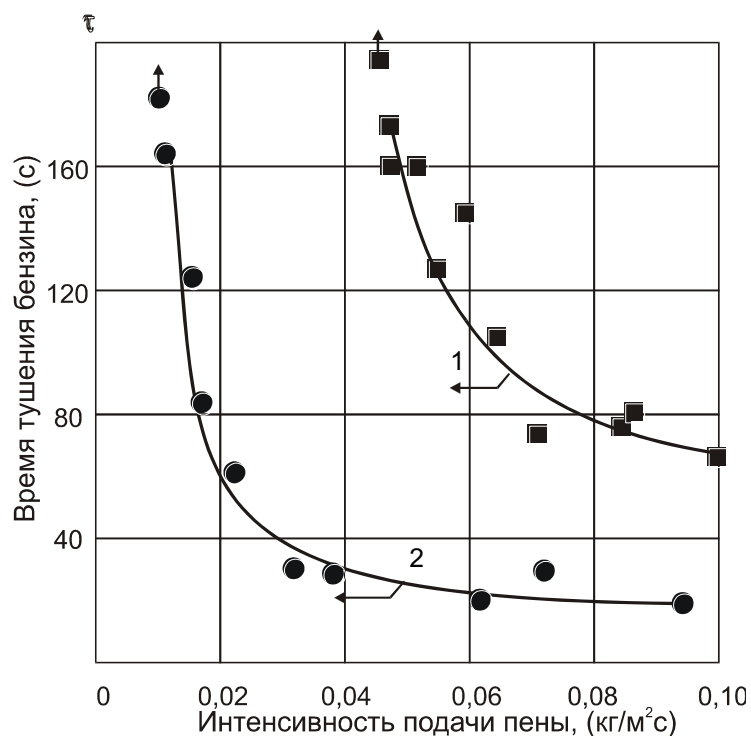


Рисунок 2 – График зависимостей времени тушения бензина от интенсивности подачи пены. 1 – Зависимость времени тушения от интенсивности подачи пены, приготовленной на основе раствора пенообразователя общего назначения (не образующего пленку), 2 – Зависимость времени тушения от интенсивности подачи пены, приготовленной на основе пленкообразующего пенообразователя

При проведении эксперимента с пеной, приготовленной на основе пенообразователя общего назначения установлено, что происходит активное разрушение пены теплом от факела пламени. Для тушения поверхности горючего необходимо производить подачу при более высоких расходах. После полного покрытия поверхности горючего пеной происходили отдельные вспышки пламени. А в отдельных случаях при интенсивностях близких к 0,05 кг/м²·с после прекращения подачи произошло повторное воспламенение. При проведении эксперимента с пленкообразующей пеной было отмечено, что она является инертной к бензину. Попадая на поверхность горючего, пена не впитывает его. Высокая термическая стойкость пены не давала возможности разрушиться под действием тепла от факела пламени. Также не происходило повторного воспламенения от нагретых во время эксперимента металлических конструкций. Прекращение горения происходило прежде чем пена полностью покрывала поверхность горючего. Это свидетельствует о том, что часть поверхности покрыта пленкой, препятствующей испарению топлива.

Таким образом, проведен анализ эффективности пленкообразующей пены и пены не образующей пленку при тушении автомобильного бензина. Анализ позволяет сделать вывод о необходимости применения фторсодержащего заряда для воздушно-пенных и воздушно-эмульсионных огнетушителей, применяемых для тушения бензина на автомобильном транспорте.

Список источников

1. Шароварников А.Ф. и др.// Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. - М.: Издательский дом «Калан», 2002. - 448 с.
2. Шароварников А.Ф. Противопожарные пены. Состав, свойства, применение. - М.: Знак, 2000.

3. ГОСТ Р 50588-93 Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний [Текст]. – Введ. 28.07.93 г. – М.: Стандартинформ, 2006. – 14 с.
4. ГОСТ Р 50588–2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний [Текст]. – Введ. 01.09.2012 г. – М.: Стандартинформ, 2012. – 28 с.

УДК 614.8
ББК 68.9

Юрий Сергеевич Чёрный

Филиал «Институт профессионального образования» Университета гражданской защиты МЧС Республики Беларусь (mr.chernyu@mail.ru., SPIN 2911-1057, ID: 1045302)

Передовые технологии, связанные с ликвидацией розливов жидких агрессивных сред

Аннотация. Рассмотрены аварии, связанные с розливом жидких агрессивных сред, а также передовые технологии по их ликвидации. Представлена установка для распыления твердых сыпучих материалов при ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с розливом жидких агрессивных сред.

Ключевые слова: Установка для распыления, сорбент, огнетушащий порошок, ликвидация чрезвычайных ситуаций.

Yuri S. Chorny

Gomel Branch of the State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Gomel, Belarus

Advanced technologies for liquid aggressive medium spill cleanup

Abstract. The article discusses accidents involving the spillage of liquid aggressive media, as well as advanced technologies for their elimination. It presents a device for spraying solid bulk materials during the elimination of emergencies involving the spillage of liquid aggressive media.

Keywords: Spraying device, sorbent, fire-extinguishing powder, emergency elimination.

Технологические и производственные аварии, а также дорожно-транспортные происшествия, при которых происходит утечка опасных веществ, представляют собой актуальную проблему. Агрессивные вещества, такие как нефтепродукты или транспортируемые кислоты, широко распространены. Для их сбора и нейтрализации на промышленных объектах, работающих с опасными веществами, функционируют специализированные службы, применяющие в аварийных ситуациях сыпучие материалы, способствующие снижению активности токсичных химических соединений. Регулярно происходят и инциденты меньшего масштаба. К ним относятся дорожно-транспортные происшествия и аварии на автозаправочных станциях, связанные с проливами горючих жидкостей, подверженных возгоранию.

Механический способ нанесения сорбирующих материалов на поверхность жидких агрессивных сред, образующихся в результате аварий, является классическим. Данный метод используется работниками автозаправочных станций и аварийно-спасательными службами на химических предприятиях. Он демонстрирует низкую эффективность при обработке больших площадей. Для покрытия всей поверхности разлива требуется значительное количество сорбента, что влечет за собой высокие трудозатраты и временные расходы.

Разработанная установка для распыления твердых сыпучих материалов при ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с розливом жидких агрессивных сред, обеспечивает нанесение сорбента с минимальными трудозатратами и более равномерное покрытие. Это повысит эффективность и снизит расход используемых сорбирующих материалов. Данная установка предназначена для оперативного и эффективного реагирования на дорожно-транспортные происшествия, особенно те, которые связаны с разливом легковоспламеняющихся жидкостей или утечкой агрессивных веществ. Основная задача – минимизировать риски возгорания, нейтрализовать опасные вещества и обеспечить безопасность на месте происшествия.

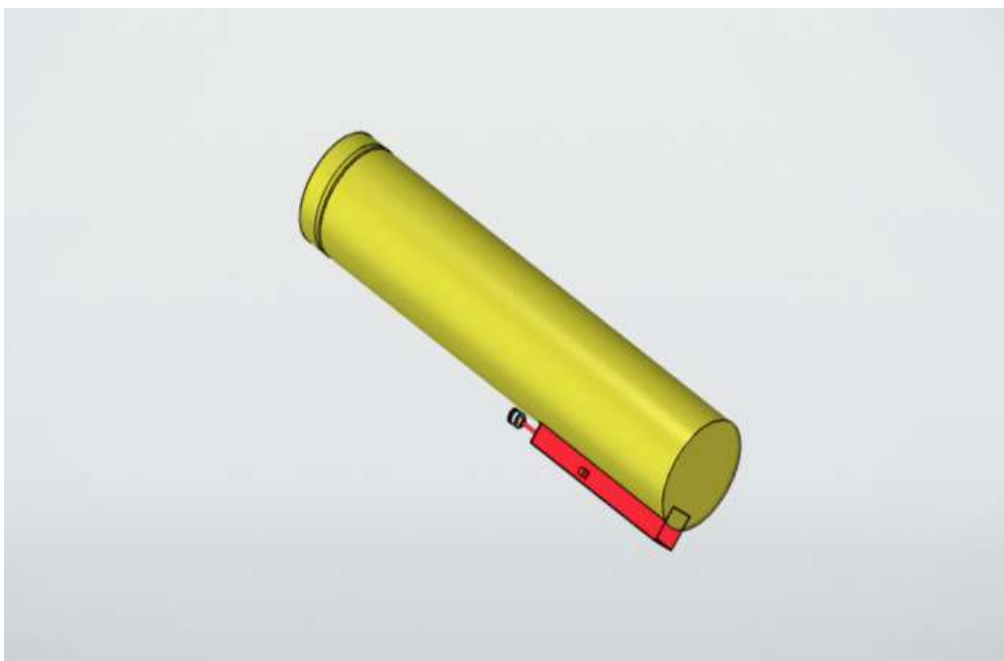


Рисунок 1 – общий вид установки

Установка имеет простую конструкцию, включающую эргономичный цилиндрический корпус для сорбентов и распыляющее устройство (рисунок 1). Компактность и наличие специального чехла обеспечивают удобство транспортировки установки к месту ликвидации чрезвычайной ситуации.

Для приведения установки в действие необходимо присоединить шланг с адаптером к системе подачи воздуха спасателя или к компрессору. Управление активацией установки осуществляется пневмокраном, интегрированным в модуль распыляющего устройства.

Приняв устойчивую позицию, спасатель (оператор) производит распыление твердых сыпучих веществ (сорбирующих материалов) нажатием на пружинный пневмокран (рисунок 2).



Рисунок 2 – Распыление сорбента

Установка проста в эксплуатации, очень быстро перезаряжается и не требует дополнительного обслуживания, позволяет менять параметры подачи материала.

Имея в запасе достаточное количество сорбирующих материалов, огнетушащего порошка перезарядку установки можно производить в полевых условиях и продолжать работу.

Установка позволяет после дорожно-транспортного происшествия, без применения пенной подушки, распылить как сорбирующие материалы, так и огнетушащие порошки, тем самым предотвратить возможное возгорание легковоспламеняющихся, горючих жидкостей, быстро нейтрализовать агрессивные вещества, при этом затрачивая минимальное количество времени. Высокая эффективность и производительность, низкие эксплуатационные траты и простота устройства заключается в его долговечности и простой эксплуатации, низкой стоимости материалов для изготовления.

Список источников

1. Применение сорбирующих материалов при ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий: обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы/ сборник материалов XIII международной научно-практической конференции молодых ученых Минск: УГЗ, 2019 – 41 с.

2. Установки для распыления сорбирующих материалов для ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий: обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы/ сборник материалов XIII международной научно-практической конференции молодых ученых Минск: УГЗ, 2019 – 149 с.

3. Оптимизация конструкции порошкового огнетушителя и исследование параметров подачи огнетушащего порошка Журов М.М., Бобрышева С.Н., Короткевич С.Г., Чёрный Ю.С. вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2019. т. 3. № 4. с. 391-399.

УДК 614.847
ББК 68.9

Артем Александрович Морозов

Государственное учебное заведение «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», Минск, Беларусь (morozov@ucpminsk.ru, SPIN 7482-7284, ID: 1041683)

Дмитрий Владимирович Василевич

Государственное учебное заведение «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», Минск, Беларусь (dzmitry112vasilevich@gmail.com, SPIN 4807-8940, ID: 1311859)

Сергей Николаевич Гуськов

Государственное учебное заведение «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», Минск, Беларусь (guskov.serezha0910@gmail.com, SPIN 6100-9008, ID: 1332745)

Универсальный стенд для определения гидродинамических параметров струй жидкости

Аннотация. В статье представлено описание универсального стенда, спроектированного и изготовленного для определения гидродинамических параметров струй жидкости в процессе гидроабразивной резки при тушении скрытых и труднодоступных очагов пожара, описана методика определения ключевых параметров струи жидкости, таких как ударная сила струи жидкости на неподвижную преграду на различном удалении от насадка, диаметр струи на расстоянии до 350 мм от насадка, давление в выходном сечении насоса и во входном сечении насадка.

Ключевые слова: гидроабразивная резка, универсальный стенд, установки гидроабразивной резки для тушения пожаров, гидродинамические параметры

Artem A. Morozov

State Educational Institution "University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus", Minsk, Belarus

Dmitriy V. Vasilevich

State Educational Institution "University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus", Minsk, Belarus

Sergey N. Gus'kov

State Educational Institution "University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus", Minsk, Belarus

Universal stand for determining the hydrodynamic parameters of liquid jets

Abstract. The article describes a universal stand designed and manufactured to determine the hydrodynamic parameters of liquid jets during waterjet cutting when extinguishing hidden and hard-to-reach fires, describes a technique for determining key parameters of a liquid jet, such as the impact force of a liquid jet on a stationary obstacle at various distances from the nozzle, the diameter of the jet at distances up to 350 mm from the nozzle, the pressure in the outlet section of the pump and in the inlet section of the nozzle.

Keywords: waterjet cutting, universal stand, waterjet cutting installations for extinguishing fires, hydrodynamic parameters

В статье «Применение гидроабразивной резки для целей пожаротушения» [1] описан механизм доработки конструкции установки Limens, а именно добавление функции

гидроабразивной резки. Исследования [2] показывают, что резка возможна при давлении 15 МПа. Следовательно это значение является базовым при проведении исследований.

Для осуществления процесса резания необходимо получить на выходе из насадка компактную струю жидкости с максимально возможной скоростью и минимальным разрушением струи.

На рисунке 1 представлены три типа насадков [3], отвечающих предъявленным требованиям.

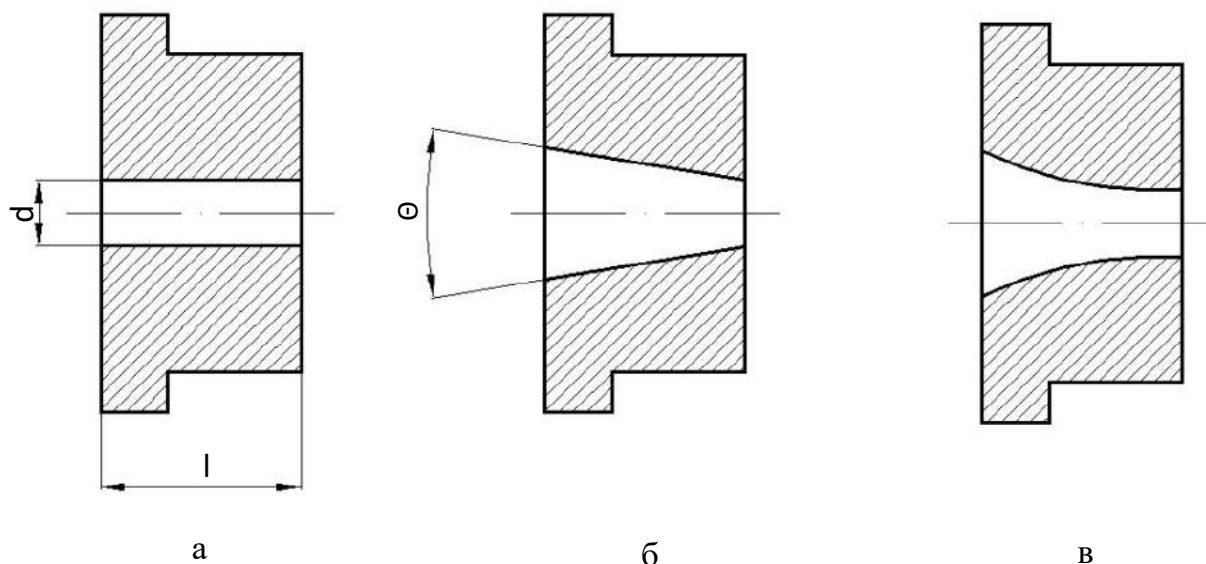


Рисунок 1 – Типы насадков: а) – наружный цилиндрический насадок, б) – наружный конический сходящийся насадок, в) – коноидальный насадок

Наружный цилиндрический насадок представляет собой прямую цилиндрическую трубку с длиной проточной части $l=(3÷4)d$, где d - диаметр поперечного сечения насадка. Такой тип насадка характеризуется сжатием потока жидкости во входном сечении.

Наружный конический сходящийся насадок представляет собой усеченный конус, сходящийся по направлению к выходному сечению. Основной характеристикой является угол конусности Θ .

Коноидальный насадок имеет сложную начальную форму, совпадающую с линиями тока струек жидкости и выходной участок цилиндрической формы. Таким образом сжатие струи на выходе из насадка отсутствует.

Если на цилиндрические и конические насадки информация по их характеристикам представлена в достаточном объеме, то на коноидальные насадки присутствует в ограниченном виде (отсутствует описание зависимости характеристик насадка от его формы). Для экспериментального определения зависимости изменения параметров потока жидкости (коэффициент сжатия струи, коэффициент скорости и коэффициент расхода) от типов и форм насадков спроектирован и изготовлен универсальный стенд для определения гидродинамических параметров струй жидкости.

На рисунке 2 представлен общий вид универсального стенда по определению гидродинамических параметров струй жидкости. Жидкость в систему подает установка пожаротушения Limens. Это позволяет сразу учитывать потерю напора и пульсацию рабочей жидкости во входном сечении универсального стенда.

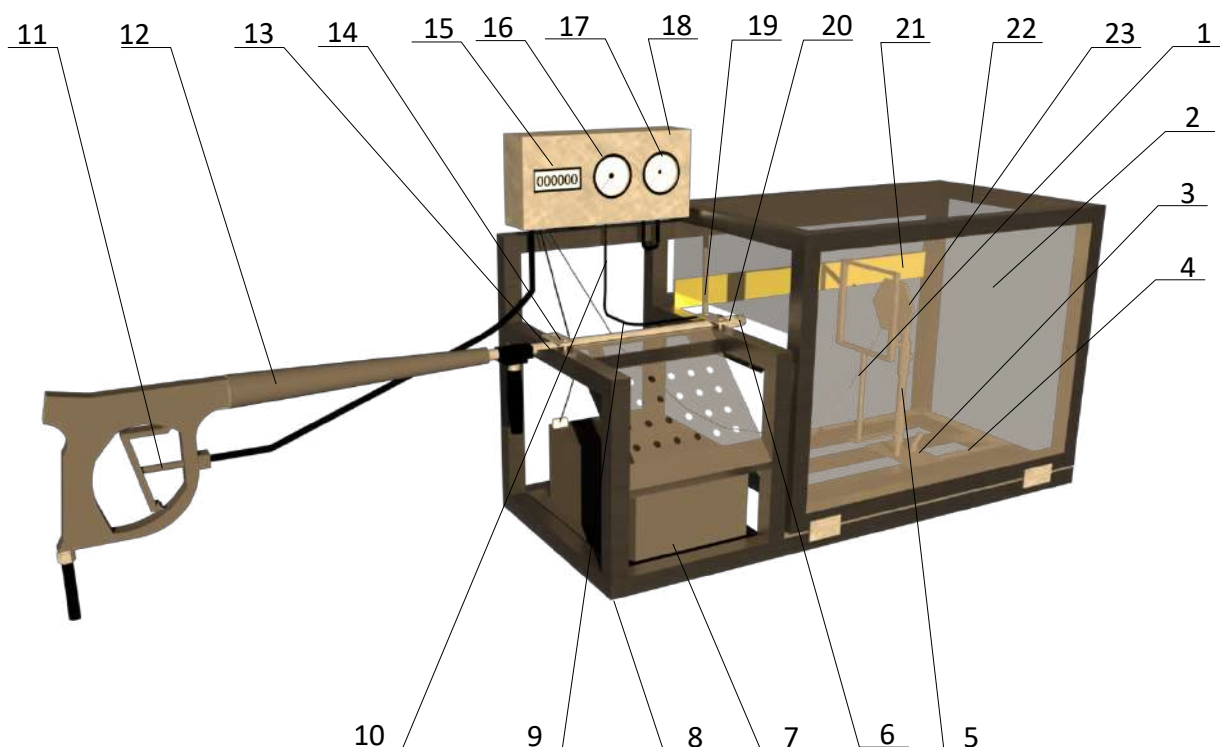


Рисунок 2 – Общий вид универсального стенда по определению гидродинамических параметров струй жидкости

Предлагаемый универсальный стенд включает в себя каркас 8 с направляющими 4, по которым в горизонтальном направлении перемещается съемная каретка 3, имеющая в своем составе стойку 5, на которую устанавливаются упорная пластина с тензодатчиком 23 и кронштейн крепления прорезаемой заготовки 1. Упорная пластина имеет возможность как вертикального перемещения, так и поворота относительно вертикальной оси, а кронштейн крепления прорезаемой заготовки, помимо этого, обеспечивает перемещение заготовки относительно неподвижной стойки 5 в горизонтальном направлении. Точность позиционирования каретки 3 и визуальный контроль струи осуществляются при помощи неподвижной 21 и подвижной 19 линеек с ценой деления 1 мм. Ствол высокого давления 12 оснащен концевым выключателем 11 и установлен в призматическую направляющую 13, которая обеспечивает точное позиционирование оси ствола высокого давления 12 относительно горизонтальной оси универсального стенда с возможностью перемещения вдоль ее на необходимую величину. Прижим ствола обеспечивается фиксаторами 14. На информационном щите 18 смонтированы мановакууметр 17, манометр 16 и микроконтроллер с цифровым дисплеем 15. Питание электрической части обеспечивается аккумуляторной батареей 7. Переходной штуцер 20 установлен на ствол высокого давления 12 и предназначен для позиционирования сменных насадок 6. Посредством трубки 10 и шланга 9 переходной штуцер 20 присоединяется к манометру 16, что позволяет контролировать рабочее давление непосредственно у насадка. Защитный экран 2 оснащен светодиодной подсветкой 22.

Исследование гидродинамических параметров струй жидкости разделено на следующие этапы:

Этап 1. Исследование формы струи и величины ее распада по мере увеличения расстояния от насадка.

В переходной штуцер 20, присоединенный к стволу высокого давления 12, устанавливается выбранный сменный насадок 6. С направляющих 4 снимается каретка 3. К стволу высокого давления 12 подключается шланг высокого давления от пожарного насоса. Ствол высокого давления 12 позиционируется таким образом, чтобы точка начала отсчета

истечения струи совпадала со значением на неподвижной линейке 21 посредством пересечения со штангой подвижной линейки 19. После этого опускается защитный экран 2 и включается подсветка 22. Строго вертикально с фокусом на подвижную линейку 19 сверху вниз устанавливается фотокамера. При помощи концевого выключателя 11 осуществляется подача жидкости через сменный насадок 6. При достижении устойчивой подачи жидкости снимается показание манометра 16 и производится фотоснимок струи в высоком разрешении. Далее производится перемещение каретки 3 от начальной точки на необходимое расстояние и производятся аналогичные измерения.

Этап 2. Исследование силы струи жидкости на преграду.

На направляющие 4 устанавливается каретка 3. На стойку 5 устанавливается упорная пластина с тензодатчиком 23. Регулировка пластины по высоте осуществляется таким образом, чтобы ее геометрический центр пересекался с продольной осью направления струи под прямым углом. Каретка 3 при помощи линеек 21 и 19 выставляется в начальную точку. Производится калибровка тензодатчика. Пуск жидкости производится на протяжении 5 с, после чего на дисплее микроконтроллера 15 отображается максимальный вес, приложенный к упорной пластине с тензодатчиком 23. Далее производится удаление каретки 3 от начальной точки на необходимое расстояние и производятся аналогичные измерения.

Этап 3. Исследование зависимости величины создаваемого разряжения в смесительной камере от параметров струи.

Прототип смесительной камеры устанавливается на переходной штуцер 20. Полость разряжения смесительной камеры через вакуумный шланг соединяется с мановакууметром 17. Каретка 3 снимается с направляющих 4. При помощи линеек 21 и 19 определяется начальная точка. Строго вертикально с фокусом на подвижную линейку сверху вниз устанавливается фотокамера. При помощи концевого выключателя осуществляется подача жидкости в прототип смесительной камеры через сменный насадок 6. При достижении устойчивой подачи жидкости снимается показание мановакууметра 17 и производится фотоснимок струи в высоком разрешении. Вакуумный шланг отсоединяется от мановакууметра 17 и выполняется фотоснимок струи в условиях сообщения смесительной камеры с атмосферой. Далее подача жидкости прекращается, подвижная линейка 19 удаляется от начальной точки на необходимое расстояние и производятся аналогичные замеры.

Этап 4. Исследование зависимости времени резания от толщины и материала заготовки и типа абразивного материала.

Каретка 3 в сборе со стойкой 5, упорной пластиной с тензодатчиком 23 и кронштейном крепления прорезаемой заготовки 1 устанавливается на направляющие 4. В кронштейн крепления прорезаемой заготовки 1 устанавливается металлический лист и деревянный брус требуемой толщины. К смесительной камере подключается трубопровод подачи абразивного материала. Каретка 3 при помощи линеек 21 и 19 выставляется в начальную точку. Производится калибровка тензодатчика. При подаче жидкости концевой выключатель 11 подает сигнал в микроконтроллер 15. Запускается отсчет времени и длится до момента увеличения веса на упорной пластине согласно заданного значения, после чего на дисплее микроконтроллера 15 отображается время резания и максимальный вес, приложенный к упорной пластине с тензодатчиком 23.

Последующий анализ полученных данных позволяет сделать вывод об эффективности принятых гидродинамических параметров струи жидкости для обеспечения процесса гидроабразивной резки и последующего тушения пожара через образовавшееся отверстие.

Технология тушения с применением гидроабразивной резки имеет значительные преимущества при тушении скрытых очагов пожара относительно традиционных методов тушения. Разработанный стенд позволяет проводить исследования гидродинамических параметров потока жидкости на всех этапах исследования процесса гидроабразивного резания.

Список источников

1. Василевич, Д. В. Применение гидроабразивной резки при ликвидации чрезвычайных ситуаций / Д. В. Василевич, С. Н. Гуськов // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. — 2025. — Т. 9, № 4. — С. 493–505. — DOI: 10.33408/2519-237X.2025.9-4.493.
2. Иванов, Ю. Г. Выбор оптимальной скорости резки для раскроя плиты Д16 толщиной 120 мм при помощи гидроабразивной резки / Ю. Г. Иванов, М. В. Яковицкая // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 13–19 ноября 2017 года. Том Часть 2. — Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2017. — С. 226-228. — EDN XLKSXT.
3. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика: учебник для вузов / Д. В. Штеренлихт. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: КолосС, 2008. — 656 с.

Владимир Алексеевич Меженов

Российско-Сербский гуманитарный центр, г. Ниш, Республика Сербия
(mezhenov2016@mail.ru, SPIN 3283-3774, ID: 1052357)

Проблемы стандартизации метода оценки дальности полета огнетушащих веществ из пожарных лафетных стволов

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к оценке дальности подачи огнетушащих веществ из пожарных лафетных стволов. Проведён анализ требований российских нормативных и зарубежных документов. Показано, что действующая методика оценки дальности по крайним каплям струи отражает геометрический предел распространения струи, однако не характеризует реальную зону эффективного тушения. Обоснована необходимость перехода к оценке по показателю эффективной дальности.

Ключевые слова: лафетные стволы, дальность подачи, методика оценки.

Vladimir A. Mezhenov

Russian-Serbian Humanitarian Center, Niš, Republic of Serbia

Problems of standardizing the method for assessing the discharge range of fire extinguishing agents from fire nozzles

Abstract. The article examines modern approaches to assessing the discharge range of extinguishing agents from fire monitors. An analysis of the requirements of Russian regulatory documents and foreign standards is carried out. It is shown that the current method for evaluating range based on the extreme droplets of the jet reflects the geometric limit of jet propagation; however, it does not characterize the actual effective extinguishing zone. The necessity of transitioning to an assessment based on the effective range indicator is substantiated.

Keywords: fire monitors, discharge range, assessment methodology.

Пожарные лафетные стволы применяются для подачи воды или растворов пенообразователя и воды на большие расстояния при тушении пожаров. Одной из ключевых технических характеристик данных изделий является дальность (радиус) подачи огнетушащего вещества (далее – ОТВ).

На сегодняшний день для составления документов предварительного планирования или при проектировании систем пожаротушения на базе лафетных стволов применяется показатель дальности подачи ОТВ. В свою очередь в методике оценки дальности подачи ОТВ из пожарных лафетных стволов на сегодняшний день существуют недостатки.

Согласно нормативным документам [1, 2] дальность подачи ОТВ оценивается как дальность (по крайним каплям) струи, измеренная от проекции насадка ствола на испытательную площадку. При проверке дальности струи лафетный ствол закрепляют под углом наклона к горизонту $(30 \pm 1)^\circ$ от испытательной площадки до нижнего края выходного отверстия лафетного ствола. Дальность (максимальную по крайним каплям) струи измеряют от проекции насадка ствола на испытательную площадку, используя предварительно установленные маяки, с помощью металлической рулетки. При определении дальности струи испытатель должен находиться напротив излета струи и установить метку в месте падения крайних капель.

Таким образом, данная методика оценки дальности подачи ОТВ носит геометрический характер и имеет следующие недостатки:

– не учитывает степень распада струи;

- не отражает сохранение кинетической энергии потока;
- не характеризует реальную зону эффективного тушения.

Кроме того, место падения крайних капель определяется визуально, что придаёт оценке дальности подачи ОТВ субъективный характер.

Оценка зарубежной нормативной документации показывает, что в европейских странах вообще нет обязательной методики измерения дальности подачи лафетных стволов. Например, по нормативным документам США [3] дальность подачи ОТВ из лафетного ствола определяется как расстояние, при котором:

- струя сохраняет устойчивость;
- имеет достаточную плотность для тушения;
- обеспечивает эффективное смачивание поверхности.

Вышеуказанные показатели подтверждаются испытаниями при заданных параметрах давления, расхода перед лафетным стволом и определенным (паспортным) углом наклона лафетного ствола относительно горизонта. При этом данная методика также основана на визуальной оценке и носит субъективный характер.

Анализ действующих российских и зарубежных нормативных документов показал, что существующие методы оценки дальности подачи огнетушащих веществ из лафетных стволов в основном основаны на геометрическом критерии и во многих случаях предполагают визуальное определение границы струи.

Для повышения объективности испытаний при определении дальности подачи ОТВ, в данной статье предлагается разработать методику определения эффективной дальности подачи огнетушащих веществ. Стоит отметить, что в ГОСТ [4] на ручные пожарные стволы, проводится оценка эффективной дальности подачи, но только распыленной струи, для сплошной струи такие испытания не проводятся. Эффективную дальность распыленной струи ручных пожарных стволов проверяют одновременно с показателем средней интенсивности орошения распыленной струи. Значения уровней выпадения осадков h ($\text{мм} \cdot \text{мин}^{-1}$), условно приведенные к центру мерной емкости, вносят в таблицу, в которой выделяют границу уровней осадков $h > 2 \text{ мм} \cdot \text{мин}^{-1}$ и более согласно Рисунку 1.

Значения уровней выпадения осадков в каждом ряду мерных емкостей, расположенных внутри границы $h = 2 \text{ мм} \cdot \text{мин}^{-1}$ перпендикулярно к оси испытуемого ствола, суммируют и определяют эффективную дальность распыленной струи как расстояние от насадка ствола до оси ряда мерных емкостей, в котором сумма уровней выпадения осадков максимальная (Рисунок 2).

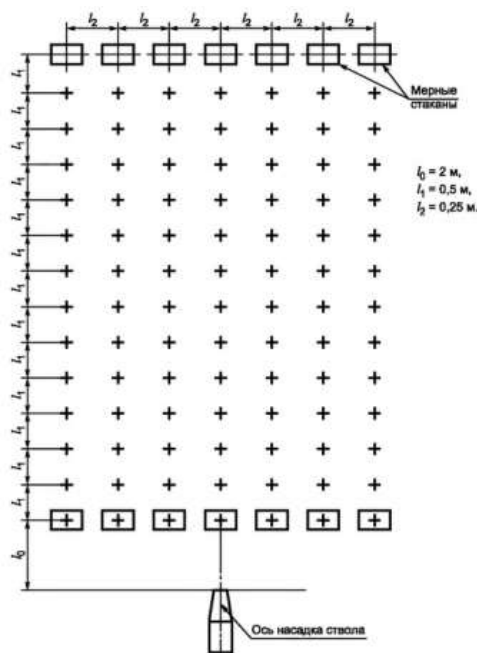


Рисунок 1 – Схема расстановки мерных емкостей по ГОСТ Р 53331–2009



Рисунок 2 – Определение показателей эффективной дальности по ГОСТ Р 53331–2009

При этом если использовать данную методику для лафетных стволов, то это будут длительные и энергоёмкие испытания, так как площадь выпадения осадков из лафетных стволов значительно больше, чем у ручных пожарных стволов.

В данной статье предлагается методика оценки эффективной дальности сплошной струи лафетного ствола. Основываясь на материалах [5, 6], согласно которым пятно орошения из лафетного ствола является эллипсом (Рисунок 3), возможно расставить мерные ёмкости вдоль направления выпадения сплошной струи, как показано на рисунке 4.



Рисунок 3 – Пятно орошения при выпадении ОТВ из лафетного ствола

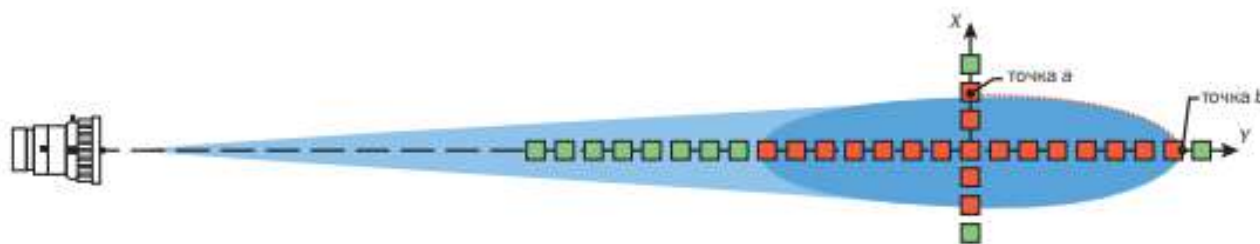


Рисунок 4 – Схема расстановки мерных емкостей

При установке лафетного ствола и подаче ОТВ с требуемым давлением, расходом и углом наклона ствола оценивается интенсивность орошения $л/(с \cdot м^2)$ в мерной емкости по длине выпадения струи. Далее, исходя из требований интенсивности орошения, эффективной дальностью подачи считается расстояние до той мерной ёмкости, в которой обеспечивается требуемая интенсивность и будет являться эффективной дальностью подачи лафетного ствола, и может заноситься в паспорт изделия или применяться в проектных решениях систем пожаротушения на базе лафетных стволов.

Список источников

1. ГОСТ 34778-2021 «Техника пожарная. Стволы пожарные лафетные. Общие технические требования. Методы испытаний»
2. ГОСТ Р 51115-97 «Техника пожарная. Стволы пожарные лафетные. Общие технические требования. Методы испытаний»
3. NFPA 1964, Standard for Spray Nozzles.
4. ГОСТ Р 53331–2009 Техника пожарная. Стволы пожарные ручные. Общие технические требования. Методы испытаний
5. Меженев, В. А. Оценка интенсивности орошения для пожарных лафетных стволов / В. А. Меженев, И. А. Ольховский, К. П. Щетнев, Е. Н. Косьянова // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2023. – № 1. – С. 22–29.
6. Ольховский, И. А. Основные параметры струй ствольной техники, обеспечивающие огнетушащую эффективность подачи огнетушащих веществ / И. А. Ольховский, Д. А. Иощенко, В. Я. Гладченко, В. А. Меженев, С. Д. Орлов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2025. – № 1. – С. 48–57.

УДК 614.841.49
ББК 68.9

Илья Анатольевич Пеньков

ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России, Балашиха, Россия (5888660@mail.ru, SPIN 6725-3745, ID: 544453)

Евгений Иванович Хиль

ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России, Балашиха, Россия (e.hil@vniipo.ru, SPIN 1901-3551, ID: 771474)

Иван Александрович Гусев

ФГБОУ ВО Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Москва, Россия (ivan.gusev.92@inbox.ru, SPIN 9179-7037, ID: 1000430)

Актуальность применения робототехнических средств порошкового пожаротушения для защиты объектов топливно-энергетического комплекса

Аннотация. Статья посвящена вопросу применения робототехнических средств с установками порошкового пожаротушения для обеспечения технологии пожаротушения на объектах топливно-энергетического комплекса. Проанализированы существующие робототехнические средства с установками порошкового пожаротушения, которые целесообразно применять на объектах топливно-энергетического комплекса, их технические характеристики особенности применения и недостатки. Определены направления дальнейшего совершенствования технологии порошкового пожаротушения с применением робототехнических средств на объектах топливно-энергетического комплекса.

Ключевые слова: робототехнические средства, объекты топливно-энергетического комплекса, пожаротушение, порошковое пожаротушение

Ilya A. Penkov

FGBU «All-Russian Research Institute for Fire Protection of EMERCOM of Russia», Balashikha, Russia

Evgeny I. Khil

FGBU «All-Russian Research Institute for Fire Protection of EMERCOM of Russia», Balashikha, Russia

Ivan A. Gusev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

The relevance of using robotic powder fire extinguishing systems to protect fuel and energy complex facilities is substantiated

Abstract. The article is devoted to the issue of using robotic powder fire extinguishing equipment to ensure fire extinguishing technology at facilities of the fuel and energy complex. The existing robotic means of powder fire extinguishing, which are advisable to use at the facilities of the fuel and energy complex, their technical characteristics and disadvantages are analyzed. The directions of further improvement of powder fire extinguishing technology using robotic means at facilities of the fuel and energy complex have been determined.

Keywords: robotics, facilities of the fuel and energy complex, fire extinguishing, powder fire extinguishing

В условиях стремительно развивающегося современного мира работа пожарных становится все более опасной. Это связано с тем, что технологические процессы становятся

более сложными, появляются новые вещества и материалы, которые активно используются в различных отраслях, особенно в топливно-энергетическом секторе. Одной из важных проблем, с которой сталкиваются пожарные при тушении крупных пожаров, является сильное воздействие тепловых потоков во время тушения пожаров, что значительно усложняет их работу и повышает риск для жизни и здоровья [1].

Для решения этой проблемы требуется внедрение более современных и качественных технологий, которые смогут обеспечить не только безопасность участников тушения пожара, но и эффективность тушения пожаров. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является разработка и внедрение робототехнических средств (далее – РТС), которые могут значительно изменить подход к тушению пожаров. Применение таких технологий позволяет существенно снизить риск гибели и травмирования пожарных, так как они могут выполнять задачи в самых опасных зонах, заменяя людей во время проведения пожаротушения [2].

За последние два десятилетия РТС, предназначенные для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ, зарекомендовали себя с положительной стороны в различных ситуациях при ликвидации последствий ЧС. Например, можно выделить успешное тушение пожара, который произошел в лесном массиве в ядерном центре, расположенном в городе Саров. Также стоит отметить операции по тушению пожаров и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на арсеналах боеприпасов в таких городах, как Уфа, Оренбург и Ижевск. Дополнительно, РТС применялись для тушения пожаров в Республике Крым [3]. Эти примеры показывают, что использование робототехнических средств может быть весьма эффективным и целесообразным в сложных условиях.

Тем не менее, несмотря на очевидные преимущества и актуальность внедрения РТС в практику пожарных подразделений МЧС России, проведенный анализ особенностей эксплуатации этих средств показал, что фактическое применение РТС в ситуациях пожаротушения остается на крайне низком уровне. В результате анализа информации от подразделений, которые оснащены РТС, было установлено, что применение РТС по их прямому назначению не превышает 1% от общего числа случаев, что связано с рядом выявленных проблем по применению РТС. В ходе анализа и практического опыта работы с РТС было выявлено, что одной из главных проблем, с которыми сталкиваются специалисты, работающие с РТС, являются сложности, связанные с обеспечением бесперебойной подачи огнетушащих веществ. Это является критически важным фактором, так как без надежного и эффективного обеспечения огнетушащими веществами работа РТС может оказаться неэффективной.

Дополнительно стоит отметить, что отсутствует возможность автоматического прокладывания рукавной линии на большие расстояния. Это значительно ограничивает функционал и эффективность применения РТС в условиях реальных пожаров, поскольку в большинстве случаев именно такие расстояния являются критическими для своевременного и эффективного проведения пожаротушения. В результате, несмотря на наличие РТС, их применение в реальных условиях остается ограниченным, что подчеркивает необходимость дальнейших исследований и разработок в этой области.

Одновременно с этим следует заметить, что на ряде пожаров применение РТС, связанное с подачей огнетушащих веществ (далее – ОТВ) в виде воды и пены также может быть ограничено, ввиду чего требуются уже уникальные по своей сути образцы.

Одним из эффективных способов решения проблемы пожаротушения является использование в качестве огнетушащего вещества на РТС модулей порошкового пожаротушения, которые интегрированы в состав распределительных технологических систем. Это решение позволяет заменить традиционные емкости для хранения воды и пенообразователя, что, в свою очередь, исключает необходимость прокладки сложных рукавных линий. Порошковые системы пожаротушения, реализуемые в рамках РТС, представляют собой перспективное направление проведения работ по пожаротушению на предприятиях различных отраслей промышленности, включая атомную, химическую,

нефтяную и газовую, а также на нефтегазоперерабатывающих заводах, электрических подстанциях и в аэропортах.

При создании РТС порошкового пожаротушения, применяется интегрированная или комбинированная схема установки порошковых модулей. Интегрированные системы, представляют порошковые РТС, предназначенные для конкретных задач и классов пожаров. Эти системы представляют собой мобильные устройства, которые устанавливаются непосредственно на шасси робота. Они оснащены всем необходимым оборудованием для подачи порошковых огнетушащих веществ прямо в очаг возгорания, что позволяет быстро реагировать на возникновение пожаров.

Одним из примеров такой интегрированной системы является роботизированная платформа (далее – РП) «Тропа-3» (рисунок 1), созданная предприятием ОАО «Редуктор» в Удмуртской Республике при участии ГУ МЧС по Удмуртской Республике. РП «Тропа-3» предназначена для транспортировки и перемещения грузов, а также для управления навешиваемым оборудованием порошкового пожаротушения в дистанционно-управляемом режиме. Она может передвигаться по дорогам с любым покрытием и по пересеченной местности. Управление этой роботизированной платформой осуществляется дистанционно, с возможностью визуального контроля или в режиме технического зрения, что позволяет оператору получать информацию о ситуации на экране пульта управления. Платформа также может быть переоборудована для движения по железнодорожным путям и эффективно функционировать в условиях тоннелей метро. Связь с платформой осуществляется по радиоканалу, который может достигать расстояния до 500 метров, что обеспечивает надежное управление и мониторинг в условиях, когда доступ к месту происшествия может быть ограничен.



Рисунок 1 – РТС «Тропа-3»

РП «Тропа-3» по своим масса габаритным размерам (1820x1300x1110 мм, масса не более 250 кг) относится к РТС лёгкого класса. Платформа может развивать скорость до 12 км/ч. Источником энергии служат 4 аккумулятора напряжением 12 Вольт, которые обеспечивают время непрерывной работы до двух часов. При этом время работы в режиме ожидания составляет не менее 24 часов. Масса огнетушащего порошка в одном баллоне: 22 кг. Количество устанавливаемых баллонов до 5 штук [4].

В качестве примера интегрированной схемы порошкового пожаротушения РТС в среднем классе рассмотрим РТС Ель – М (рисунок 2), разработанного в ФГБУ ВНИИПО МЧС России в рамках опытно-конструкторской работы (ОКР) «Разработка технологического оборудования для мобильных робототехнических комплексов пожаротушения». РТС «Ель – М» с порошковым модулем МПР-1500 предназначено для тушения пожаров классов А, В, С, Д огнетушащими порошками общего и специального назначения. Модуль МПР-1500, установленный на РТС, служит для доставки к месту пожара запаса огнетушащего порошка и его подачи в очаг возгорания через лафетный или совмещенный с манипулятором ствол. Ель-

М по своим масса габаритным размерам (3500x1600x1500 мм, масса не более 7000 кг) относится к РТС среднего класса. Система модульного пожаротушения состоит из: резервуара с запасом огнетушащего порошка вместимостью не менее 1,5 м³ (при этом масса огнетушащего порошка в зависимости от насыпной плотности составляет 1000-1200 кг; блока баллонов ресиверов для вытеснения порошка во время подачи с рабочим давлением в баллонах ресиверах 15 МПа, которое обеспечивает рабочее давление в сосуде с огнетушащим порошком 0,8 МПа; комплекта запорно-пускового оборудования и ствола подачи порошкового состава с дальностью подачи огнетушащего порошкового состава: через лафетный ствол с массовым расходом до 30 кг/с, не менее 30м, а через ствол, объединенный с манипулятором с массовым расходом 4-8 кг/с не менее 10м.



Рисунок 2 – РТС «Ель – М»

В качестве примера РТС комбинированного пожаротушения рассмотрим МРК-РП, показанный на рисунке 3. МРК-РП может применяться как с модулем порошкового тушения МПП-50, так и с другими видами модулей: с водным раствором пенообразователя для подачи воздушно-механической пены низкой кратности, водными для подачи тонко распыленной воды. МРК-РП предназначен для применения при ликвидации последствий аварий, отягощенных химическим и радиационным загрязнением, сопряженных с рисками гибели и травматизма личного состава. Масса снаряженного МРК-РП составляет не более 300 кг. МРК-РП при полной нагрузке может развивать скорость до 1 метра в секунду, а так же преодолевать пороговые препятствия до 250 мм. Конструкция МРК-РП обеспечивает его перемещение по лестницам с возможностью разворота на лестничных клетках. Номинальная грузоподъемность манипулятора, без ствола пожаротушения, достигает 30 кг. Время непрерывной работы 4 часа. Обеспечивается работа как по радиоканалу до 2000 метров на открытой местности, так и по кабельной линии до 200 метров. Габаритные размеры: длина 1350мм, ширина 650 мм, высота 700 мм. Обеспечивает дальность подачи огнетушащих веществ не менее 10 метров. Диапазон рабочих температур от минус 30 до 40 °С.



Рисунок 3 – МРК-РП с модулем порошкового тушения МПП-50

Таким образом, применение порошковых систем пожаротушения в РТС представляет собой современное и эффективное решение для обеспечения пожаротушения на объектах различной сложности и назначения. Эти технологии позволяют значительно повысить эффективность и скорость реагирования на пожары, что в конечном итоге способствует снижению рисков, связанных с возгораниями, и обеспечивает безопасность людей и имущества. Внедрение таких систем является важным шагом к улучшению пожарной безопасности в различных отраслях, что делает их неотъемлемой частью современного подхода к управлению чрезвычайными ситуациями [5].

Однако, для успешной интеграции РТС порошкового пожаротушения в практику пожарных подразделений необходимо не только улучшить существующие технологии, но и разработать новые решения, которые смогут обеспечить надежную подачу огнетушащих веществ и преодолеть существующие ограничения. Это позволит значительно повысить эффективность работы пожарных и снизить риски для их здоровья и жизни, что является важной задачей в условиях современного мира.

Применение порошкового пожаротушения на РТС позволяет значительно повысить эффективность процесса пожаротушения, на различных объектах топливно-энергетического комплекса. При этом система порошкового пожаротушения адаптирована для интеграции с существующими РТС, что делает его универсальным решением для различных сценариев.

Одним из значительных преимуществ использования порошковых составов в пожаротушении с применением РТС является его показатель огнетушащей способности.

Новые системы порошкового пожаротушения для РТС должны соответствовать современным требованиям как в области безопасности, так и в отношении экологической устойчивости. Важно обратить внимание на несколько ключевых направлений, которые могут способствовать улучшению эффективности порошкового пожаротушения.

Во-первых, следует провести исследования, посвященные возможности подачи порошковых огнетушащих составов под различными углами относительно очага возгорания. Это может помочь значительно снизить расход порошка, одновременно увеличивая эффективность тушения пожара. Оптимизация угла подачи может сыграть решающую роль в том, как быстро и эффективно будет ликвидирована угроза возгорания.

Во-вторых, необходимо переходить от традиционной системы дистанционного управления РТС с установками порошкового пожаротушения к более современным супервизорным системам. Такие системы могут обеспечивать возможность автономного выполнения отдельных видов работ, что повысит общую эффективность реагирования на чрезвычайные ситуации. Автономные функции позволят системам работать более оперативно в условиях, когда человеческое вмешательство может быть затруднено или невозможно.

Кроме того, следует активно заниматься исследованиями технологии применения установок порошкового пожаротушения в составе различных систем и проводить расчеты

необходимого количества порошкового состава и вытесняющего газа, который должен находиться на борту установок. Это особенно актуально для объектов, относящихся к топливно-энергетическому комплексу, где риски возникновения пожаров могут быть значительно выше.

В заключение, можно уверенно сказать, что применение установок порошкового пожаротушения в составе РТС и дальнейшее исследование этой технологии представляют собой очень перспективное направление для защиты объектов, относящихся к топливно-энергетическому комплексу. Развитие таких систем, использующих порошковые огнетушащие вещества, является важным направлением, способным значительно повысить уровень безопасности в различных условиях эксплуатации. Подходы к улучшению технологий порошкового пожаротушения должны быть многогранными и учитывать как технические, так и экологические аспекты, чтобы соответствовать современным стандартам и требованиям. Важно, чтобы разработка и внедрение новых технологий происходили в тесном сотрудничестве с научными учреждениями и производственными предприятиями, что позволит создать эффективные и надежные решения, отвечающие современным требованиям.

Список источников

1. Penkov, I. A. Improving the quality of monitoring using robotic systems on the example of extinguishing fires at fuel and energy complex facilities / I. A. Penkov // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Материалы научно-практической конференции, Красноярск, 24–26 октября 2024 года. – Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2025. – С. 105-109. – EDN XRBHSL.
2. McNeil J.G., Lattimer B.Y. Robotic fire suppression through autonomous feedback control // Fire Technology. 2017. Vol. 53. Issue 3. Pp. 1171–1199.
3. Пеньков, И. А. Оценка актуальности применения мобильных робототехнических средств на потенциально опасных объектах / И. А. Пеньков, И. А. Гусев, А. А. Лебедев // Технологии гражданской безопасности. – 2025. – Т. 22, № 5. – С. 54-60. – EDN GHRJJP.
4. Перминов В. П., Аксенов С. Г., Ахунов Р. И. Новые отечественные разработки в порошковом тушении // Современные проблемы пожарной безопасности: теория и практика (FIRESAFETY 2019). – 2019. – С. 45-50.
5. Система робототехники МЧС России. Состояние и перспективы развития / А. И. Асхадеев, Е. В. Павлов, А. Ю. Баранник [и др.] // Технологии гражданской безопасности. – 2022. – Т. 19, № 2(72). – С. 41-47. – DOI 10.54234/CST.19968493.2022.19.2.72.8.41. – EDN NMLZXW.

УДК 614.843.2
ББК 68.923.1

Ангелина Владимировна Савонина

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (angelina.savonina29@gmail.com, SPIN 8655-5187, ID: 1211303)

Владимир Анатольевич Аристархов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (ava-agps@yandex.ru, SPIN 8003-4053, ID: 1050976)

Разработка алгоритма технологического процесса эксплуатации пожарных рукавов в пожарно-спасательном подразделении

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос организации документального учёта эксплуатации пожарных рукавов в пожарно-спасательном подразделении. Приведены действующие нормативные правовые документы, регламентирующие вопросы документального учёта эксплуатации пожарных рукавов. Разработан алгоритм технологического процесса эксплуатации пожарных рукавов в пожарно-спасательном подразделении. Приведены рекомендации по практическому применению разработанного алгоритма в ходе подготовки должностных лиц, а также при автоматизации учёта эксплуатации пожарных рукавов в подразделениях.

Ключевые слова: пожарная техника, пожарные рукава, техническое обеспечение, дракон-схема.

Angelina V. Savonina

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Vladimir A. Aristarkhov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Development of an algorithm for the technological process of using fire hoses in a fire and rescue unit

Abstract. The article discusses the issue of organizing the documentation of the use of fire hoses in a fire and rescue unit. It provides to the current regulatory legal documents that govern the documentation of the use of fire hoses. The article develops an algorithm for the technological process of using fire hoses in a fire and rescue unit. It also provides recommendations for the practical application of the developed algorithm during the training of officials, as well as for the automation of the documentation of the use of fire hoses in units.

Keywords: fire appliances, fire hoses, technical support, dragon diagram.

Успешное выполнение пожарно-спасательными подразделениями задач по тушению пожаров зависит от наличия и качественного состояния технических средств, к которым относятся пожарные рукава. От правильной организации эксплуатации пожарных рукавов в подразделении будет зависеть срок службы пожарных рукавов, состоящих на вооружении подразделений. В свою очередь при организации эксплуатации рукавов необходимо проводить документальный учёт и последующий контроль выполненных мероприятий, в том числе внешнего осмотра, испытаний, ремонта и пр.

В настоящее время эксплуатация пожарных рукавов осуществляется в соответствии с требованиями приложения № 43 к Руководству по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее – МЧС

России)⁹. В целях обеспечения наглядности процесса эксплуатации рукавов ранее проводилась алгоритмизация технологического процесса эксплуатации рукавов [1]. Вместе с тем, в настоящее время, приказом МЧС России от 17.10.2025 № 935 уточнён порядок эксплуатации пожарных рукавов, что повлекло за собой необходимость изучения личным составом новых требований для их практической реализации в деятельности подразделений.

В целях сокращения сроков обучения личного состава, обеспечения понимаемости положений руководящего документа, разработан алгоритм технологического процесса использования пожарных рукавов в подразделении. При разработке алгоритма использовались правила алгоритмического языка ДРАКОН¹⁰ [2] и редактор ДраконПро¹¹.

Дракон-схема алгоритма использования пожарных рукавов в подразделении представлена на рисунке 1. На дракон-схеме представлены выполняемые мероприятия, а также даны ссылки на заполняемые документы, к которым относятся:

- журнал учёта движения пожарных рукавов в подразделении;
- книга службы;
- приложение к формуляру пожарного рукава.

Формы и порядок ведения документов по учёту эксплуатации пожарных рукавов, приведены в приложении № 43 к Руководству по организации материально-технического обеспечения МЧС России, Уставе подразделений пожарной охраны¹² и ГОСТ 34779-2021¹³.

При передаче пожарного рукава в использование, рукав учитывается в Журнале учёта движения пожарных рукавов в подразделении. Записи в указанном журнале производятся ежедневно.

В случае если пожарный рукав не применялся, рукав ожидает применения до момента, когда необходимо проведение испытаний, а именно – с момента проведения последних испытаний прошло 6 месяцев или проведение испытаний предусмотрено графиком проведения внешних осмотров и испытаний рукавов. Если с момента проведения последних испытаний прошло 6 месяцев или проведение испытаний предусмотрено графиком проведения внешних осмотров и испытаний рукавов, рукав подлежит внешнему осмотру и, при отсутствии неисправностей, испытаниям (ветка «Испытания»). В случае выявления неисправностей рукав ремонтируется и испытывается. Результаты внешнего осмотра вносятся в таблицу А4 приложения к формуляру. Сведения о проведенном ремонте отражаются в таблице А7 приложения к формуляру.

При применении пожарного рукава сведения о применении вносятся в Журнал учёта движения пожарных рукавов в подразделении и Книгу службы. На следующем шаге после применения при необходимости производится оттаивание (отмачивание) пожарного рукава с последующей мойкой. Сведения о мойке пожарного рукава вносятся в таблицу А5 приложения к формуляру. После мойки проводится внешний осмотр, результаты которого, а также сведения о применении пожарного рукава, вносятся в таблицу А4 приложения к формуляру. В случае выявления неисправностей рукав ремонтируется и испытывается (ветка «Испытания»). Сведения о проведенном ремонте вносятся в таблицу А7 приложения к формуляру. Если в ходе внешнего осмотра неисправностей не выявлено, пожарный рукав сушится, после чего при необходимости талькируется. Сведения о сушке и талькировании рукава отражаются в таблице А5 приложения к формуляру. В последующем пожарный рукав ожидает дальнейшего применения (ветка «Использование»).

⁹ Приказ МЧС России от 01.10.2020 № 737 «Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

¹⁰ ДРАКОН – Дружелюбный Русский Алгоритмический язык, Который Обеспечивает Наглядность

¹¹ <https://drakonpro.ru/app?proj=p394077&doc=bb3c3deb>

¹² Приказ МЧС России от 24 апреля 2025 г. № 363 «Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны»

¹³ ГОСТ 34779-2021. Межгосударственный стандарт. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний.

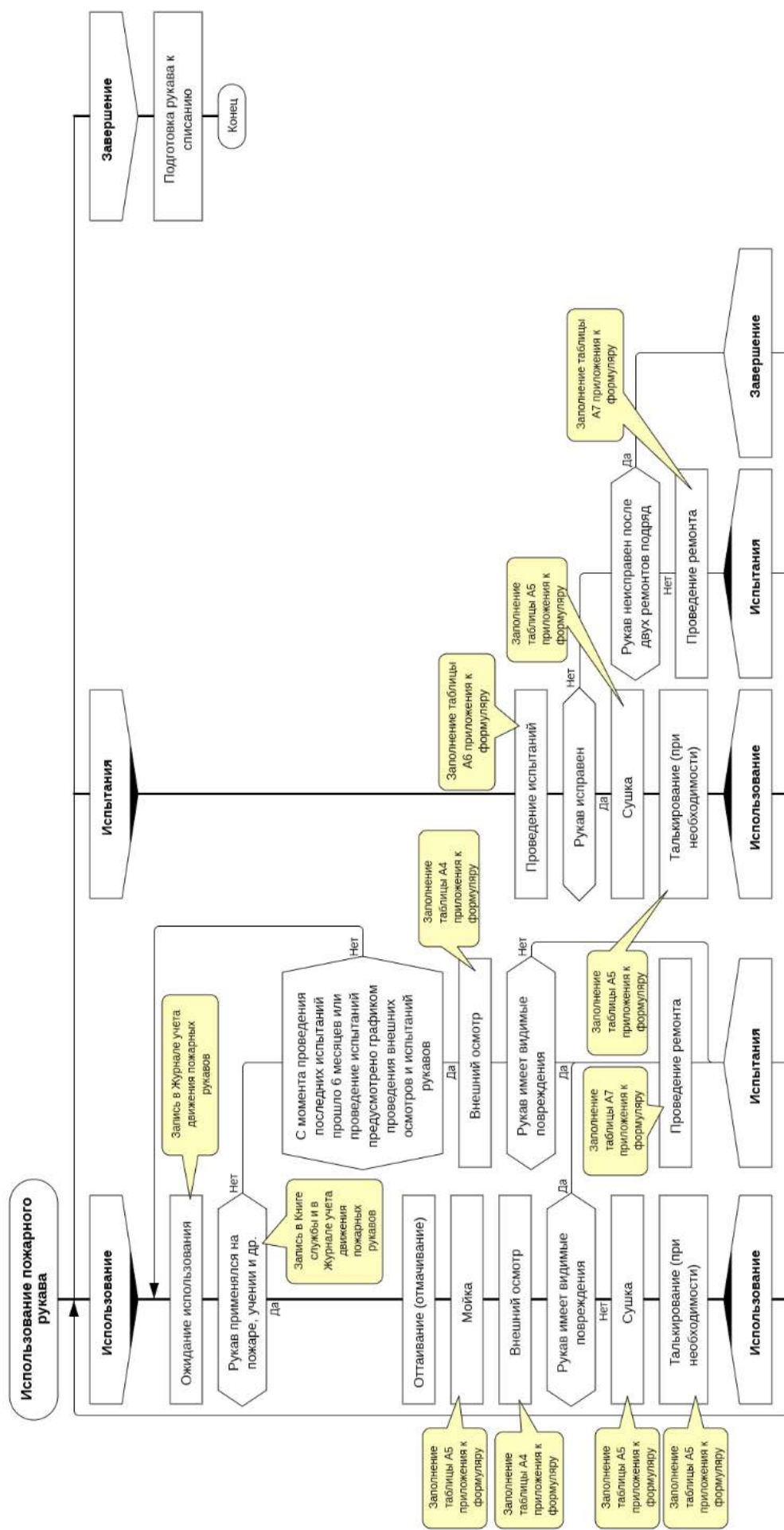


Рисунок 1 – Дракон-схема использования пожарного рукава в пожарно-спасательном подразделении

Результаты испытаний пожарного рукава вносятся в таблицу А6 приложения к формуляру. В случае если рукав выдержал испытания и признан исправным, пожарный рукав сушится, после чего при необходимости талькируется. Сведения о сушке и талькировании рукава отражаются в таблице А5 приложения к формуляру. В последующем пожарный рукав ожидает дальнейшего применения (ветка «Использование»). В противном случае проверяется количество проведенных подряд ремонтов. Если рукав не выдержал испытаний после двух проведенных подряд ремонтов, он выбраковывается, готовятся документы к его списанию (ветка «Завершение»). В случае выявления в ходе испытаний неисправности рукава, при условии, что данная неисправность выявлена впервые и её ремонт не проводился или проводился один раз, рукав ремонтируется. Сведения о проведенном ремонте вносятся в таблицу А7 приложения к формуляру. После проведения ремонта рукав ожидает дальнейшего применения (ветка «Использование»).

Приведенный алгоритм позволяет наглядно отразить этапы эксплуатации пожарного рукава в пожарно-спасательном подразделении и может быть использован в учебном процессе в ходе профессиональной подготовки личного состава, отвечающего за рукавное хозяйство подразделения. При этом алгоритмизация процесса эксплуатации позволяет выявлять возможные пути оптимизации эксплуатации пожарных рукавов [3]. Кроме того предложенный алгоритм может выступить основой для автоматизации процесса учета эксплуатации пожарных рукавов, и дальнейшего развития результатов, представленных в работе [4].

Список источников

1. Савонина, А. В. Алгоритмизация технологического процесса эксплуатации пожарных напорных рукавов в пожарно-спасательных подразделениях / А. В. Савонина, В. А. Аристархов // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: Материалы IX международной научно-практической конференции. В 2-х частях, Москва, 20 марта 2024 года. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы, 2024. – С. 112-116. – EDN VEZXTD.
2. Паронджанов, В.Д. Алгоритмы и жизнеритмы на языке ДРАКОН. Разработка алгоритмов. Безошибочные алгоритмы. - М., 2019. - 374 с.
3. Харламов, Р. И. Оптимизация технического обслуживания пожарных напорных рукавов в подразделениях пожарной охраны / Р. И. Харламов, Н. С. Дашин // Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, посвященной Году пожарной охраны, Иваново, 24–25 ноября 2016 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2016. – С. 339-341. – EDN YQCZYD.
4. Савонина, А. В. Автоматизация учёта эксплуатации пожарных рукавов в пожарно-спасательном подразделении / А. В. Савонина // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Железногорск, 23 мая 2025 года. – Железногорск: Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. – С. 485-489. – EDN AROMLD.

УДК 614.841.45
ББК 3896

Иван Олегович Городов

Главное управление МЧС России по Пермскому краю, Пермь, Россия
(gorodov_io@59.mchs.gov.ru)

Эволюция и инновации в системах пожаротушения: от классических методов к интеллектуальным технологиям

Аннотация. В статье представлен комплексный анализ современного состояния и перспектив развития систем пожаротушения. Рассматривается эволюция технических средств — от первых спринклерных установок XVIII века до высокотехнологичных комплексов с элементами искусственного интеллекта. Особое внимание уделяется инновационным направлениям: применению микрокапсулированных огнетушащих веществ для защиты литий-ионных аккумуляторов, использованию газогидратных составов, акустических методов подавления пламени и интеграции компьютерного зрения в роботизированные системы пожаротушения. Анализируются современные математические методы оценки эффективности средств пожаротушения, включая анализ размерности и метод Парето. Сделан вывод о необходимости междисциплинарного подхода к разработке новых технологий пожарной безопасности.

Ключевые слова: пожаротушение, огнетушащие вещества, микрокапсулирование, литий-ионные аккумуляторы, компьютерное зрение, акустическое подавление пламени, газовые гидраты, математическое моделирование.

Ivan O Gorodov

The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia for the Perm Region, Perm, Russia

Evolution and Innovations in Fire Fighting Systems: From Classical Methods to Intelligent Technologies

Abstract. The article presents a comprehensive analysis of the current state and prospects for the development of fire extinguishing systems. It examines the evolution of technical means, from the first sprinkler systems of the 18th century to high-tech complexes with elements of artificial intelligence. Special attention is paid to innovative areas, such as the use of microencapsulated fire extinguishing agents to protect lithium-ion batteries, the use of gas hydrate compositions, acoustic methods for suppressing flames, and the integration of computer vision into robotic fire extinguishing systems. The article also analyzes modern mathematical methods for evaluating the effectiveness of fire extinguishing systems, including dimensional analysis and the Pareto method. The article concludes that an interdisciplinary approach is necessary for the development of new fire safety technologies.

Keywords: fire extinguishing, fire-extinguishing agents, microencapsulation, lithium-ion batteries, computer vision, acoustic flame suppression, gas hydrates, and mathematical modeling.

Пожары остаются одной из серьезнейших угроз для жизни людей, сохранности материальных ценностей и экологической безопасности. Несмотря на развитие профилактических мер, статистика показывает, что ежегодный ущерб от пожаров в мире исчисляется миллиардами долларов. Традиционные методы и средства пожаротушения, доказавшие свою эффективность на протяжении десятилетий, сегодня сталкиваются с новыми вызовами. Появление принципиально новых объектов защиты — литий-ионных

аккумуляторных батарей большой емкости, композитных материалов, объектов накопления водорода — требует пересмотра устоявшихся подходов.

Целью данной работы является систематизация знаний о современных методах пожаротушения, анализ актуальных научных исследований и определение перспективных направлений развития технологий борьбы с пожарами.

Исторически сложилось, что основой пожаротушения являются четыре базовых принципа: охлаждение зоны горения, изоляция очага от кислорода, разбавление реагирующих веществ и химическое торможение реакции.

Водяное и пенное пожаротушение. Эволюция водяного пожаротушения насчитывает более 250 лет. Первая автоматическая установка была предложена Козьмой Фроловым в 1770 году, однако широкое распространение спринклерные системы получили благодаря патентам Генри Пармели и Фредерика Гриннеля в конце XIX века. В России к 1918 году спринклерами было оборудовано около 900 промышленных предприятий. Современное развитие этого направления связано с использованием тонкораспыленной воды (водяного тумана), что позволяет значительно снизить расход воды и минимизировать ущерб от пролива. Пенное пожаротушение, изобретенное русским инженером А.Г. Лораном в 1902 году, остается наиболее эффективным средством для тушения легковоспламеняющихся жидкостей.

Газовое и порошковое пожаротушение. Газовые составы (углекислота, хладоны, инертные газы) эффективны для защиты серверных, архивов и музеев, так как не повреждают материальные ценности. Однако ужесточение экологических требований (Монреальский протокол) привело к отказу от озоноразрушающих хладонов и разработке новых безопасных составов, таких как фторированный кетон Noves 1230 («сухая вода»), который тушит за счет интенсивного поглощения тепла.

Бурный рост электротранспорта и систем накопления энергии поставил перед пожарной наукой сложнейшую задачу. Тушение литий-ионных аккумуляторов, склонных к тепловому разгону, традиционными средствами малоэффективно. Аккумулятор выделяет собственный окислитель и горючие газы, включая водород, что делает невозможным тушение методом изоляции.

Перспективным решением является применение микрокапсулированных огнетушащих веществ. Российские исследователи (Якунов Д.М. с соавторами) предложили функциональные материалы, содержащие микрокапсулы с перфтор (2-метил-3-пентаном) (ФК-5-1-12). При нагреве оболочка капсул разрушается, и газовое огнетушащее вещество превентивно выделяется, создавая негорючую атмосферу внутри сборки аккумуляторов. Эксперименты показали, что такие материалы не только предотвращают открытое горение, но и замедляют распространение теплового разгона с 15 секунд до 1,5 минут за счет отсутствия лучистого теплообмена.

Аналогичные исследования ведутся и в Китае. Разработаны микрокапсулы с водой (fine water mist microcapsules), которые интегрируются непосредственно в конструкцию батарей и активируются при достижении критической температуры, обеспечивая локальное охлаждение.

Отдельной проблемой является тушение газов, выделяющихся при тепловом разгоне (в основном водорода). Исследования Лундского университета (Subash A.A. с соавторами) показали, что традиционные аэрозольные составы могут быть неэффективны для инертизации водородсодержащих смесей из-за испарения аэрозоля непосредственно в пламени, что парадоксальным образом увеличивает площадь горения.

Среди принципиально новых подходов выделяется газогидратная технология, разработанная в Томском политехническом университете. Ученые предложили использовать самоактивирующийся снаряд с гидратом диоксида углерода. При попадании в очаг возгорания гидрат взрывообразно разлагается. Механизм действия тройной: ударная волна срывает пламя, ледяная оболочка охлаждает зону горения, а выделившийся инертный газ (CO_2) вытесняет кислород. Эксперименты подтвердили эффективность такой технологии для

тушения древесины, пластиков, масел и спиртов, при этом время срабатывания можно регулировать, варьируя массу гидрата и количество воды.

Еще одним нетривиальным направлением является акустическое пожаротушение. Обзор, опубликованный в журнале *Fire* (2025), систематизирует данные о воздействии звуковых волн на пламя. Установлено, что низкочастотные волны (40–80 Гц) нарушают стабильность горения за счет турбулизации воздушных потоков, тогда как высокочастотные (более 1 кГц) могут влиять на процессы тепломассопереноса. Технология акустической фокусировки позволила увеличить эффективную дальность тушения до 1,8 метра, а комбинация с водяным туманом сокращает время подавления пламени до 30 секунд.

Современные системы пожаротушения все чаще строятся на базе технологий компьютерного зрения и робототехники. Библиометрический анализ, проведенный по базе Scopus, показывает устойчивый рост публикаций на стыке Computer Vision и Fire Suppression.

Ключевые направления развития включают:

1. Роботизированные комплексы, способные автономно обнаруживать очаг возгорания и доставлять огнетушащее вещество.
2. Беспилотные летательные аппараты (дроны) для мониторинга лесных пожаров и доставки средств тушения в труднодоступные зоны.
3. Алгоритмы глубокого обучения для раннего обнаружения пламени и дыма по видеопотоку, что позволяет фиксировать возгорание значительно быстрее традиционных тепловых или дымовых датчиков.

Использование беспилотников с системой компьютерного зрения позволяет не только детектировать пожар, но и прогнозировать направление его распространения, что критически важно при тушении природных пожаров.

Разработка новых средств невозможна без совершенствования методов оценки их эффективности. Сотрудниками Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России предложен комплексный подход для выбора предпочтительных образцов модулей порошкового пожаротушения.

Методология базируется на:

Анализе размерности (теории подобия), позволяющем установить обобщенные критерии, учитывающие множество технических параметров (давление, массу, дисперсность).

Методе Парето для многокритериальной оптимизации, позволяющем отсеять заведомо неэффективные образцы и выбрать оптимальное решение.

Такой подход позволяет перейти от субъективных экспертных оценок к объективным математическим критериям, что особенно важно при создании установок для пожароопасных объектов нефтегазовой промышленности.

Анализ современного состояния науки о пожаротушении свидетельствует о смене технологической парадигмы. Традиционные средства (вода, пена, порошок) продолжают совершенствоваться (мелкодисперсное распыление, новые пенообразователи), однако основные усилия исследователей сосредоточены на решении принципиально новых задач.

Перспективы развития связаны с:

1. Созданием «интеллектуальных» материалов с микрокапсулированными огнетушащими веществами для встраивания непосредственно в потенциально опасные объекты (аккумуляторы).
2. Использованием нетрадиционных физических принципов — акустического воздействия, газогидратных систем.
3. Широким внедрением систем искусственного интеллекта и компьютерного зрения для обнаружения пожаров и управления роботизированными средствами тушения.

Дальнейший прогресс в области пожаротушения невозможен без междисциплинарного взаимодействия специалистов в области химии, физики, материаловедения, математического моделирования и информационных технологий.

Список источников

1. Сытдыков М.Р., Иванов А.В. Научное обоснование обобщенного критерия выбора средств пожаротушения / Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». — 2025. — С. 130-143.
2. Фомин В.И. Краткий обзор развития автоматического пожаротушения / КиберЛенинка. — 2024.
3. Research Status and Progress of Acoustic Fire Extinguishing Technology / Fire, MDPI AG. — 2025.
4. Review of Advances in Fire Extinguishing Based on Computer Vision Applications / PMC, National Institutes of Health. — 2025.
5. Якунов Д.М., Серцова А.А., Красильников С.В. и др. Экспериментальная оценка эффективности функциональных материалов, содержащих микрокапсулированный перфтор (2-метил-3-пентанон), для обеспечения пожарной безопасности литий-ионных аккумуляторных батарей транспортных средств / Пожаровзрывобезопасность. — 2025. — Т. 34, № 5. — С. 47-62.
6. Федосова В.Д., Бренчугина М.В., Сечин А.И. Огнетушащие вещества и средства пожаротушения: практическое руководство. — Северск: Изд-во СГТА, 2008. — 55 с.
7. Ren Y., Zhang P., Bian H. et al. Enhancing fire suppression in restricted spaces with fine water mist microcapsules / Chemical Engineering Journal. — 2025. — P. 158422.
8. Тушить пожары с помощью газогидратного огнетушителя предложили в Томском политехе / Научная Россия. — 2024.
9. Хабабутдинов Д.А. Методы и средства пожаротушения / КиберЛенинка.
10. Subash A.A., Nilsson E.J.K., Runefors M. On the effectiveness of aerosol extinguishing agents for battery vent gases and hydrogen / Fire Technology. — 2025.

УДК 614.842.61
ББК 68.923.1

Марк Михайлович Журов

ГУО «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», Минск, Республика Беларусь (Zhurmark@mail.ru, SPIN 8325-4796, ID: 1045387)

Глеб Дмитриевич Скакалин

ГУО «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», Минск, Республика Беларусь (skgleb@icloud.com)

Данила Сергеевич Судиловский

ГУО «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», Минск, Республика Беларусь (sud088607@gmail.com)

Результаты испытаний установки пожаротушения со стволом гетерофазной подачи огнетушащих веществ

Аннотация. В работе представлены схема, принцип действия и результаты испытаний установки пожаротушения со стволом гетерофазной подачи огнетушащих веществ, которая позволяет повысить эффективность тушения очагов пожара по сравнению с аналогами путем подачи комбинации огнетушащих веществ с разными агрегатными состояниями. Результаты натурных испытаний установки пожаротушения со стволом гетерофазной подачи огнетушащих веществ, связанные с тушением модельных очагов класса А и В и с определением параметров воздушно-водяной струи, позволили установить зависимости соотношений массовых расходов воды к массовому расходу воздуха от соотношения давления воздуха к давлению воды и дальности струи от разности давлений воздуха и воды.

Ключевые слова: пожаротушение, установка пожаротушения, гетерофазная подача, тушение, натурные испытания, воздушно-водяная струя, расход огнетушащего вещества, экспериментальные зависимости.

Mark M. Zhurov

State Educational Institution "University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus", Minsk, Republic of Belarus

Gleb D. Skakalin

State Educational Institution "University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus", Minsk, Republic of Belarus

Danila S. Sudilovsky

State Educational Institution "University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus", Minsk, Republic of Belarus

Test results of a fire extinguishing system with a heterophase fire extinguishing agent supply barrel

Abstract. The paper presents a diagram, the principle of operation, and the test results of a fire extinguishing system with a heterophase fire extinguishing agent supply barrel, which allows for increased fire extinguishing efficiency compared to analogues by supplying a combination of fire extinguishing agents with different physical states. The results of full-scale tests of a fire-extinguishing unit with a heterophase supply of fire-extinguishing agents, related to the extinguishing of model class A and B fires and to the determination of the parameters of an air-water jet, allowed to establish the dependences of the ratios of mass flow rates of water to mass flow rate of air on the ratio of air pressure to water pressure and the jet range on the difference in air and water pressure.

Keywords: fire-extinguishing, fire-extinguishing unit, heterophase supply, extinguishing, full-scale tests, air-water jet, flow rate of fire-extinguishing agent, experimental dependences.

Уникальность установки пожаротушения со стволом гетерофазной подачи огнетушащих веществ заключается в возможности подавать для тушения требуемые комбинации огнетушащих веществ с разными агрегатными состояниями. С учетом проведённых ранее исследований [1, 2] нами изготовлен ствол гетерофазной подачи огнетушащих веществ и установка пожаротушения, внешний вид которых представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид ствола (а) и установки пожаротушения (б)

Натурные испытания по тушению модельных очагов А и В, представленные на рисунке 2, позволили установить зависимости отношения массового расхода воды к массовому расходу воздуха от соотношения значений давлений (рисунок 3), а также дальности струи от разности значений давлений воздуха и воды перед стволом (рисунок 4).



Рисунок 2 – Тушению модельных очагов А и В

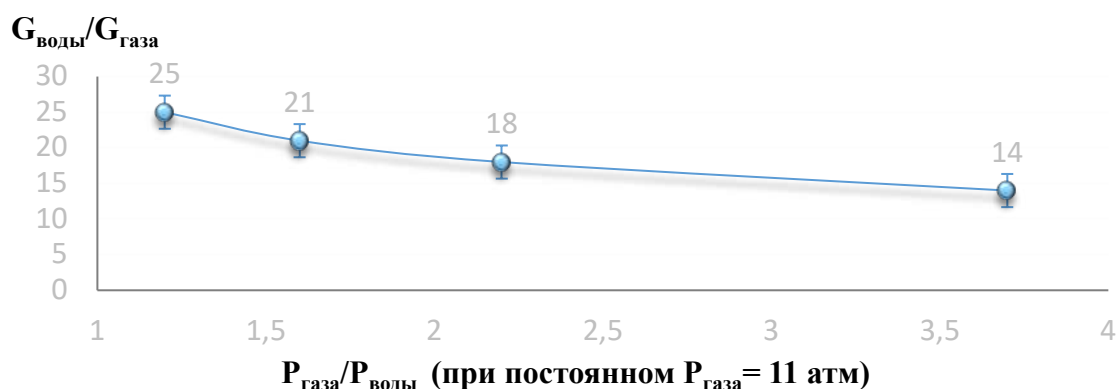


Рисунок 3 – Зависимость отношения массового расхода воды к массовому расходу воздуха от соотношения значений давлений

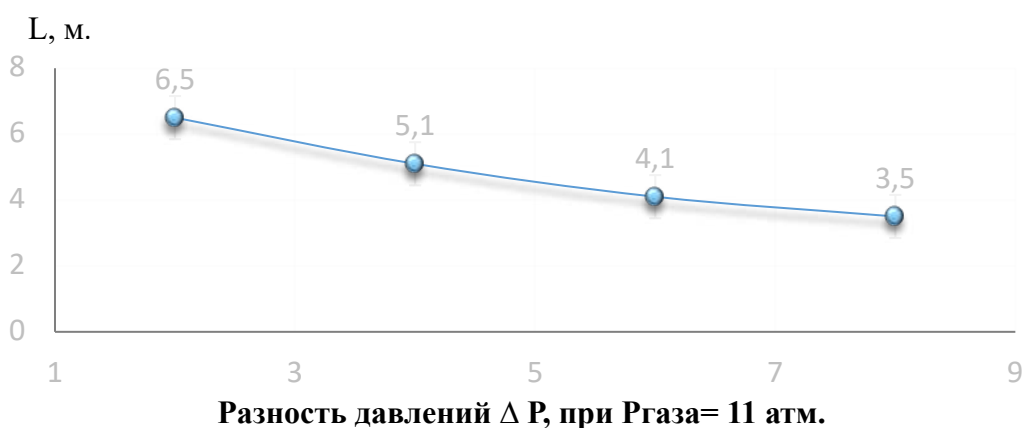


Рисунок 4 – Зависимость дальности струи от разности давлений воздуха и воды

По результатам работы разработана конструкция установки пожаротушения со стволом гетерофазной подачи огнетушащих веществ и установлены зависимости отношений массового расхода воды к массовому расходу воздуха от соотношения значений давлений, а также дальности струи от разности давлений воздуха и воды перед стволом. Проведенные натурные испытания показали эффективность тушения очага класса А с помощью разработанной установки пожаротушения по сравнению с тушением с помощью установки высокого давления со стволом RL-51, а также эффективность тушения очага класса В.

Список источников

1. Журов М.М., Кохановский Е.И. Гетерофазный распылитель ингибирующих и флегматизирующих огнетушащих составов / М.М. Журов, Е.И. Кохановский // Второй Республиканский форум молодых ученых учреждений высшего образования Республики Беларусь: сб. науч. тр. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высшего образования Рос.Федерации, Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: В. М. Пашкевич (общ. ред.) [и др.]. Могилев: Белорус-Рос. ун-т, 2023. – 224 с.
2. Журов, М. М. Разработка конструкции устройства пожаротушения порошковыми составами / М.М. Журов, С.Г. Короткевич, О.М. Бусел, И.В. Лямцев // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2023. – № 1(53). – С. 62–69.

Дмитрий Михайлович Нахай

Государственное учреждение образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», г. Минск, Республика Беларусь
(eurotitaner@mail.ru, SPIN 2179-1653, ID: 1274709)

Применение водных растворов полиакриламида в переносных огнетушителях при тушении низовых лесных пожаров

Аннотация. В данной статье рассмотрены водные растворы полиакриламида, предназначенные для тушения лесных низовых пожаров. Экспериментально исследованы их огнетушащая эффективность и проведено сравнение с другими известными синтетическими жидкостными огнетушащими средствами. В рамках проведения эксперимента по растеканию капли водных растворов полиакриламида была определена его оптимальная концентрация в водном растворе. Установлено, что эффективность по удельному расходу водных растворов полиакриламида в 1,7-2,1 раза выше, чем у воды.

Ключевые слова: полиакриламид, синтетические жидкостные огнетушащие средства, удельный расход, площадь свободной поверхности очага.

Dmitriy M. Nakhay

State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Republic of Belarus

The use of aqueous polyacrylamide solutions in portable fire extinguishers when extinguishing grass-roots forest fires

Abstract. This article discusses aqueous solutions of polyacrylamide intended for extinguishing forest surface fires. The article experimentally studies their fire-extinguishing efficiency and compares them with other known synthetic liquid fire-extinguishing agents. As part of the experiment on the spreading of a drop of aqueous solutions of polyacrylamide, the optimal concentration of the aqueous solution was determined. It was found that the specific consumption of aqueous solutions of polyacrylamide is 1.7-2.1 times higher than that of water.

Keywords: polyacrylamide, synthetic liquid extinguishing agents, specific consumption, free surface area of the hearth.

Одним из главных средств при тушении лесных низовых пожаров является вода. Объектами водоснабжения являются моря, озера, реки, а также грунтовые, родниковые и артезианские воды [1]. Однако запасы огнетушащих средств (далее – ОС) переносимых огнетушителей, не позволяют иногда полностью погасить возгорание. Вместимость ранцевых огнетушителей, например таких как ЕРМАК составляет около 15–20 л воды или специального раствора [2, с. 55], что иногда приводит к их дополнительной дозаправке, теряя при этом время на ликвидацию пожара. Одним из вариантов решения данной проблемы является увеличение вместимости резервуаров огнетушителей, путем изменения конструктивной части ранцевого огнетушителя или применение более эффективных огнетушащих средств, способных лучше смачивать твердые поверхности, снижая расход подаваемых на тушение растворов. В свою очередь, увеличение вместимости ранцевых огнетушителей путем изменения их конструктивной части, влечет экономические затраты на их производство и повышенную физическую нагрузку самих спасателей, что также влияет на эффективность тушения. В связи с этим, перспективной задачей является рассмотрение наиболее эффективного ОС, которое

обладало бы высоким смачивающим свойством, а также низкой стоимостью компонентов синтезируемого огнетушащего состава.

В настоящее время большинство используемых ОС экологически небезопасны, что приводит к загрязнению окружающей среды [3, 4, 5], а также имеют высокую стоимость добавляемых компонентов в ОС [6].

В работе авторов [7] проведены испытания огнетушащих растворов с целью определения эффективности прокладки заградительных противопожарных полос. Результаты испытаний показали, что одним из эффективных средств при борьбе с лесными пожарами является полиакриламид, который при концентрации 0,1 % показал высокие показатели длины и ширины прокладываемой противопожарной полосы, а также низкую его стоимость. Учитывая эти параметры, перспектива его широкого применения весьма убедительна. Полиакриламид выпускается в промышленности и широко используется рядом отраслей. Также, в отличие от других прототипов синтетических жидкостных ОС он экологически безопасен для окружающей среды [8].

В целях применения в переносных огнетушителях растворов на основе полиакриламида, важным остается вопрос определения оптимальной его концентрации в водном растворе. В первую очередь нужно учитывать, что полиакриламид – это полимер с формулой $[-CH_2-CH(CONH_2)-]_n$, и в зависимости от массовой доли сухого вещества, хорошо впитывает воду и меняет ее реологию. В результате, получившаяся суспензия может сильно повлиять на распыл ОС, забивая сам распылитель форсунки переносного огнетушителя.

В работе [9], нами были экспериментально исследованы растекания капли водных растворов полиакриламида и воды по горизонтальной твердой поверхности (рисунок 1).

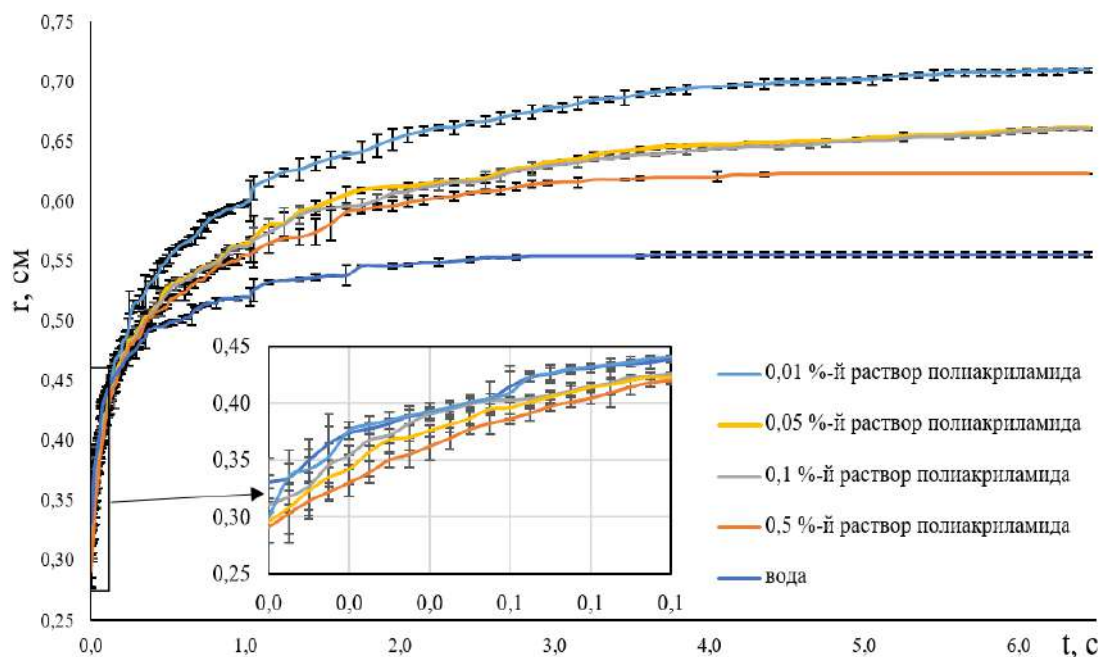


Рисунок – Кинетика растекания капель водных растворов полиакриламида и воды

Результаты эксперимента показали, что наилучшее растекание среди рассмотренных водных растворов показал 0,01 %-й раствор полиакриламида. Радиус растекания его капли при концентрации 0,01 % выше, чем у остальных растворов.

С целью подтверждения проведенного лабораторного эксперимента, нами проведено тушение лабораторных очагов (очаг Л01А). В качестве ОС был выбран полиакриламид с массовым содержанием 0,005; 0,01; 0,05; 0,1 и 0,5 %, в качестве его растворителя – водопроводная вода (далее – вода).

В качестве очага горения – штабель из древесины хвойных пород, состоящий из 18 брусков размером 100×20×20 мм, уложенных в шесть слоев по три бруска в каждом. Расстояние между брусками в слое – 20 мм. В процессе тушения фиксировали: количество израсходованного ОС на прекращение пламенного горения; количество израсходованного ОС на тушение без повторного воспламенения; время до начала повторного воспламенения. Очаг считали потушенным, если повторное воспламенение не происходило в течение 10 мин. Испытание каждого ОС проводили не менее 5 раз.

Усредненные результаты количества, израсходованного ОС на тушение очага представлены в таблице 1.

Таблица – Расход воды и растворов полиакриламида на тушение очага Л01А

ОС	Объем ОС, израсходованных на прекращение пламенного горения, $V \times 10^{-3}$, дм ³	Удельный расход огнетушащих средств, дм ³ /м ²
Вода	47 ± 1	$0,42 \pm 0,01$
0,005 %-й раствор	22 ± 1	$0,18 \pm 0,01$
0,01 %-й раствор	29 ± 1	$0,24 \pm 0,01$
0,05 %-й раствор	-	-
0,1 %-й раствор	-	-
0,5 %-й раствор	-	-

Исходя из полученных данных, исследуемые растворы полиакриламида с концентрацией 0,005 и 0,01 % показали расход на тушение очага в 1,6-2,1 раза меньше по сравнению с водой.

В ходе проведенных испытаний, следует также отметить, что растворы полиакриламида с концентрацией 0,05; 0,1 и 0,5 % показали некачественный распыл, который сопровождался изменением однородности распыла, снижением дальности факела (глубиной проникновения распыленного топлива в газовую среду), а также неравномерности расхода напряженности (неравномерностью распределения расхода жидкости), что в свою очередь не приводило к прекращению пламенного горения. Данное изменение струи происходило за счет того, что используемая центробежная форсунка со встречно-закрученными потоками, содержащая корпус с камерой завихрения, забивались при подаче вышеуказанных растворов.

Таким образом, экспериментально исследована и подтверждена огнетушащая эффективность растворов полиакриламида и проведено их сравнение с другими известными огнетушащими средствами.

Установлено, что растворы полиакриламида с концентрацией 0,005 и 0,01 %, равно как и другие ОС показывают высокую огнетушащую эффективность. С точки зрения практического использования и с учетом всего вышеуказанного, ОС должно быть не только эффективным, но и экономичным, зависящим от стоимости исходных реагентов и концентраций ОС.

Настоящая научная публикация является одним из промежуточных результатов выполнения частных задач научно-исследовательской работы.

Список источников

1. Шрайбер, Г. М. Огнетушащие средства: хим.-физ. Процессы при горении и тушении / Г. М. Шрайбер, П. Порст. – Москва: Стройиздат, 1975. – 240 с.
2. Гоман, П. Н. Природа лесных пожаров и борьба с ними в Республике Беларусь : монография / П. Н. Гоман ; под ред. В. В. Усени. – Минск : Беларуская наука, 2025. – 228 с.
3. Гладков, Е. А. Влияние цинка, как неблагоприятного экологического фактора, на травянистые растения городских экосистем / Е. А. Гладков, О. В. Гладкова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 5-3. – С. 499–500.

4. Хомич, В. С. Цинк в почвах городов Беларуси / В. С. Хомич, Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека // Почвоведение. – 2004. – № 4. – С. 430–440.
5. Влияние отходов фосфорного производства на окружающую среду и способы снижения его негативного воздействия / А. А. Айтимбетов, Р. А. Исаева, Н. К. Жорабаева [и др.] // Сахаровские чтения 2020 года: экологические проблемы XXI века : материалы 20-й междунар. науч. конф., 21–22 мая 2020 г., г. Минск : в 2 ч. / Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Бел. гос. ун-та ; редкол.: А. Н. Батян [и др.] ; под ред. С. А. Маскевича, М. Г. Герменчук. – Мн., 2020. – Ч. 2. – С. 339–342.
6. Справочник технических средств для тушения лесных пожаров / сост.: Н. С. Фролов [и др.]. – Пушкино : Авиалесоохрана, 2023. – 85 с.
7. Давыденко, Эдуард Павлович. Тактика применения авиатанкеров для тушения лесных пожаров с воздуха : автореферат дис. ... кандидата сельскохозяйственных наук : 06.03.03 / Федеральная служба лесного хозяйства РФ. — Пушкино, 1998. — 28 с.
8. Касьянов, А. Е., Зверьков, М. С. Влияние полиакриламида на разбрызгивание почвы / А. Е. Касьянов, М. С. Зверьков // Природообустройство. – 2015. – № 3. – С. 30–34.
9. Байков, В.И. Растекание капель воды и водных растворов полимера по твердой горизонтальной поверхности / В.И. Байков, Д.М. Нахай // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2025. – Т. 9, № 4. – С. 542–550. – DOI: 10.33408/2519-237X.2025.9-4.542. –EDN: MXQZSU.

Сергей Петрович Храмцов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (petrovuich-76@mail.ru, SPIN 5233-6877, ID: 761688)

Владимир Васильевич Роенко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (piroemail@bk.ru, SPIN 9241-7330, ID: 810145)

Тимур Игоревич Чистяков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (timurvdonsk@mail.ru, SPIN 7978-7103, ID: 1031971)

Технические средства подачи воды в метастабильном состоянии для локализации и тушения пожаров

Аннотация. В статье рассмотрены технические средства подачи воды в метастабильном состоянии, применяемые для локализации и тушения пожаров. Представлены результаты исследований гидравлических характеристик рукавов, разветвлений и пожарных стволов, используемых при подаче парокapельной смеси. Показаны особенности применения данной технологии при тушении подземных пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Полученные значения гидравлических сопротивлений оборудования могут быть использованы при расчёте насосно-рукавных систем и определении тактических возможностей подразделений при применении температурно-активированной воды.

Ключевые слова: рукава, разветвления, пожарные стволы, гидравлические сопротивления, пожарная безопасность, подземные пожары

Sergey P. Khramtsov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia; Moscow, Russia

Vladimir V. Roenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia; Moscow, Russia

Timur I. Chistyakov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia; Moscow, Russia

**Technical means of supplying water in a metastable state
for locating and extinguishing fires**

Abstract. The article presents the results of research on the hydraulic characteristics of equipment for supplying water in a metastable state

Keywords: hoses, branches, fire hoses, hydraulic resistances, fire safety, underground fires

На протяжении вот уже более 20 лет в Академии государственной противопожарной службы МЧС России выполняются научные исследования в рамках научного направления – техника пожаротушения температурно-активированной водой. Руководителем данного направления является профессор кафедры пожарной техники, к.т.н., доцент Роенко Владимир Васильевич. Данная технология позволяет эффективно тушить пожары водой в метастабильном состоянии и ликвидировать последствия чрезвычайных ситуаций на различных объектах защиты. В 2026 году перед учеными Академии ГПС МЧС России во взаимодействии с ФГКУ «НИИ «Респиратор» МЧС России» поставлена задача по применению воды в метастабильном состоянии для локализации и тушения подземных пожаров. Данная работа включена в План научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ МЧС России по заказу Департамента спасательных формирований.

Актуальность поставленной задачи связана с проблемами применения технических средств получения и подачи воды в метастабильном состоянии. Существует необходимость в получении теоретических и экспериментальных данных для проведения исследований и реализации технологии тушения пожаров на практике объемно-дистанционным способом с использованием паро-капельных струй. Решение о применении данного способа, технологий и средств дистанционного тушения можно считать обоснованным в оперативной обстановке, характеризующейся следующими факторами:

- на подступах к очагу горения из-за конвективных потоков образуется зона с высокой задымленностью и температурой, что не позволяет приблизиться на расстояние эффективно действующей водяной струи (ближе 12 м);
- имеются риски травмирования горноспасателей повышенной температурой, обрушающимися элементами крепи или кровли выработок в зоне тушения;
- существует угроза взрыва метана и угольной пыли;
- возможность опрокидывания вентиляционной струи под действием тепловой депрессии;
- скорость распространения развитого пожара в проветриваемых выработках превышает скорость его тушения средствами непосредственного воздействия, причем невозможно, например, по газовому фактору, уменьшить скорость изменением вентиляционного режима или локализовать пожар со стороны исходящей струи.

Эксперименты по апробации данной технологии уже проводились ранее шахте «Распадская» Кемеровской области в 2011 году, тушение полигона твердых бытовых отходов вблизи г. Северодвинска в 2019 году. Полученный положительный результат подтвердил целесообразность и перспективность использования воды в метастабильном состоянии [1]. Под водой в метастабильном состоянии – понимается парокапельная смесь, полученная в результате мгновенного перехода недогретой воды в область метастабильного состояния и последующего взрывного вскипания. Теплоэнергетические установки для получения воды в метастабильном состоянии серийно-выпускаются, они могут быть установлены на шасси автомобиля, так и в контейнерном исполнении (рисунок 1). Для подачи воды от установки используется специальное гидравлическое оборудование, в состав которого входят рукава, разветвления и стволы (рисунок 2).



Рисунок 1 – Установка распыления многофункциональная УРМ мод. МРЗ9А2 – МПЗ

От теплоэнергетической установки вода подается по рукавным линиям. В качестве магистральных рукавных линий используются рукава с внутренним диаметром 25 мм, в качестве рабочих – рукава диаметром 16 мм. Рукава состоят из слоя термостойкой резины, металлической оплетки и еще одного слоя термостойкой резины. Данные рукава способны выдерживать температуру до 200 °С и давление до 2,5 МПа. Снаружи температура рукавов при подаче воды не превышает 90 °С.

Для подачи воды в метастабильном состоянии по двум или трем рабочим рукавным линиям применяются разветвления, оборудованные шаровыми кранами. Для соединения оборудования с рукавами предусмотрены соединения типа кам-лок.

Для целей локализации и тушения подземных пожаров на глубине более 100 м будут применяться усиленные рукава, а также соединения для рукавов, разветвлений и стволов с шаро-конусными соединениями, которые способны выдерживать более высокие температуры и избыточное давление до 300 °С и 10,0 МПа соответственно.

Нами были разработаны специальные стволы, которые имеют разные геометрические параметры в зависимости от задач, необходимых для выполнения; например, ствол-трансформер – способен подавать струю воды с различным углом распыла. Диаметры проходного сечения насадков стволов от 4 до 7 мм обеспечивает расход воды от 0,5 до 1,5 л/с соответственно.

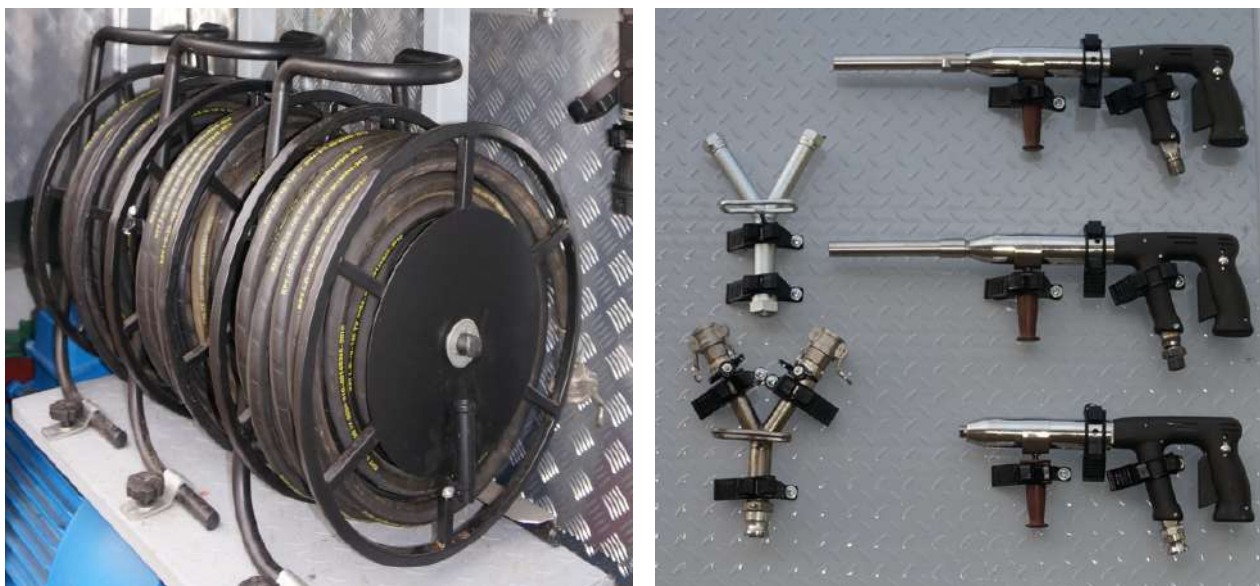


Рисунок 2 – Рукава, разветвления и стволы для подачи воды в метастабильном состоянии

Для расчета насосно-рукавной системы были получены гидравлические сопротивления оборудования (таблица 1), которые могут быть использованы при локализации и тушении подземных пожаров [2].

Таблица – Гидравлические сопротивления

Наименование оборудования	Гидравлическое сопротивление, (с/л) ² м
<i>Рукава диаметрами:</i>	
25 мм	3,17
16 мм	38,52
Разветвление 25×16 мм	2,9
Переходная соединительная головка 25×16 мм	2,6
<i>Стволы с диаметрами насадков:</i>	
4,8 мм	638
6,0 мм	612
7,0 мм	551

В ближайшей перспективе специалистам Академии ГПС МЧС России в рамках выполнения научно-исследовательской работы будут получены значения интенсивности подачи воды в метастабильном состоянии для тушения угля, а также разработаны новые технические средства для подачи воды на глубину. Это позволит определить тактические возможности подразделений горноспасателей при использовании данной технологии.

В заключении хотел бы отметить, что данная технология используется на сегодняшний день в различных дружественных странах, таких как Казахстан, Саудовская Аравия и Китай. В России также подразделения МЧС России оснащаются специальными автомобилями и применяются для тушения пожаров и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Список источников

1. Роевко, В. В. Опыт применения и совершенствование технологии температурно-активированной воды для тушения пожаров и предупреждения чрезвычайных ситуаций / В. В. Роевко, С. П. Храпцов, А. П. Кармес, Т. И. Чистяков, А. С. Музыченко, В. А. Кочетыгов // Технологии техносферной безопасности. 2022. Вып. 2 (96). С. 34-52.
2. Храпцов, С. П. Практический метод расчета энергетической системы подачи температурно-активированной воды от теплоэнергетической установки для тушения пожаров /С. П. Храпцов // Энергосбережение и Водоподготовка. 2011. №3. С. 61–64.

Никита Алексеевич Богатов

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,
Москва, Россия (nikitabogatov@list.ru, SPIN 5809-8601, ID: 765088)

Анастасия Сергеевна Савина

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,
Москва, Россия (savina_bmstu@inbox.ru, SPIN 7227-9820, ID: 928409)

Евгения Арменовна Халаджан

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,
Москва, Россия (e.khaladzhanev@gmail.com, SPIN 4312-5229, ID: 1191681)

Александр Павлович Зоткин

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»,
Москва, Россия (zotkin.working@gmail.com, SPIN 7027-5890, ID: 1157332)

**Разработка низкозастывающего огнетушащего состава для пожаротушения в
арктических условиях**

Аннотация. Статья посвящена решению проблемы пожаротушения в условиях экстремально низких температур (ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$), характерных для Арктической зоны Российской Федерации (РФ). Показано, что традиционные методы, основанные на использовании воды и технической защите оборудования, неэффективны из-за фазового перехода воды в лед. В качестве альтернативы предложен физико-химический подход к созданию незамерзающей жидкости. Экспериментально обоснован оптимальный состав на основе технического хлорида кальция (32 мас. %) с добавкой изопропилового спирта (2 мас. %), обеспечивающий негорючесть и температуру застывания до $-61\text{ }^{\circ}\text{C}$. Представлены результаты успешных натурных испытаний в Якутии, подтвердившие работоспособность состава при температурах до $-48\text{ }^{\circ}\text{C}$ с использованием штатной пожарной техники без её модернизации.

Ключевые слова: пожаротушение, низкие температуры, Арктика, незамерзающая жидкость, огнетушащий состав, пожарная безопасность, техносферная безопасность

Nikita A. Bogatov

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Anastasia S. Savina

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Evgenia A. Khaladzhanev

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Alexander P. Zotkin

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Development of a low-freezing fire-extinguishing composition for fire suppression in Arctic conditions

Abstract. The article addresses the problem of fire suppression under extremely low temperatures (below $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) characteristic of the Arctic zone of the Russian Federation. It is shown that traditional methods based on the use of water and technical protection of equipment are ineffective due to the phase transition of water into ice. As an alternative, a physicochemical approach to creating a non-freezing liquid is proposed. The optimal composition based on technical calcium chloride (32 mass%) with an additive of isopropyl alcohol (2 mass%) is experimentally substantiated, ensuring non-flammability and a solidification point down to $-61\text{ }^{\circ}\text{C}$. The results of successful full-

scale tests in Yakutia are presented, confirming the performance of the composition at temperatures as low as -48°C using standard fire equipment without its modification.

Keywords: fire suppression, low temperatures, Arctic, non-freezing liquid, fire-extinguishing composition, fire safety, technosphere safety

Разработка эффективных методов пожаротушения в условиях экстремально низких температур, характерных для Арктической зоны и районов Крайнего Севера, является одной из наиболее острых и стратегически важных задач современной пожарной науки и техники. Официально принятый в нормативных документах порог низких температур на уровне -10 градусов Цельсия не отражает реальных климатических условий, в которых приходится действовать пожарным подразделениям, поскольку зимние температуры во многих регионах Российской Федерации устойчиво опускаются до $40\text{--}50^{\circ}\text{C}$ ниже нуля¹⁴. В таком широком диапазоне от -10 до -50°C и ниже возникают принципиально различные физические условия, требующие не просто адаптации существующей техники, а пересмотра самой концепции огнетушащих веществ. Традиционная вода, остающаяся основным средством пожаротушения, при длительной подаче по рукавным линиям в условиях сильного холода неизбежно замерзает, что приводит к критическому падению напора, обледенению соединительных узлов, потере эластичности рукавов и, в конечном итоге, к полной парализации работы пожарного расчета.

Анализ современного состояния проблемы показывает, что усилия исследователей и инженеров до настоящего времени были сосредоточены преимущественно на технических решениях: создании северных модификаций пожарных автомобилей с системами подогрева, разработке морозостойких рукавов, утеплении цистерн и насосных установок. Однако такой подход, при всей его важности, не устраняет коренной причины проблемы, поскольку вода как физическое вещество неизбежно претерпевает фазовый переход при достижении температуры замерзания независимо от степени технической защиты оборудования. Опыт эксплуатации пожарной техники в самых северных регионах мира, например, на Аляске, убедительно демонстрирует, что при температурах ниже -40°C проблемы начинают носить системный характер, и никакое утепление не способно предотвратить замерзание воды в рукавах при ее подаче на очаг пожара [1, 2].

В смежных отраслях, таких как авиация, проблема борьбы с обледенением успешно решается химическими методами с использованием гликолей и других незамерзающих жидкостей, однако прямой перенос этого опыта в пожаротушение затруднен высокой стоимостью и импортозависимостью данных продуктов, а главное горючестью многих органических растворителей, что делает их применение в качестве основы огнетушащего вещества абсурдным. В то же время патентный анализ показывает наличие разработок в области солевых огнетушащих составов на основе бишофита, хлорида магния, гидрокарбоната натрия с добавками сахарозы, однако многие из них либо сложны в производстве, либо обладают коррозионной активностью, либо используют дефицитные компоненты. Хлорид кальция, напротив, является массовым, дешевым продуктом отечественной химической промышленности, а его водные растворы известны способностью сильно понижать температуру замерзания вплоть до криогидратной точки около -55°C , что делает его идеальным кандидатом для разработки основы низкотемпературной пожаротушающей жидкости [3].

Экспериментальные исследования, проведенные авторами, подтвердили перспективность данного направления. Первая серия опытов была направлена на уточнение оптимальной концентрации хлорида кальция применительно к использованию технического продукта, содержащего до шести процентов примесей в соответствии с ГОСТ 450–77. В отличие от литературных данных для химически чистого реактива, где эвтектическая точка

¹⁴ Методические рекомендации по действиям подразделений Федеральной противопожарной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ (направлены указанием МЧС России от 26.05.2010 № 43-2007-18)

соответствует 29,9 мас. %, для технического хлорида кальция наименьшая температура застывания в -55°C была достигнута при концентрации 32 мас. %. Это смещение объясняется наличием неактивных примесей и имеет фундаментальное практическое значение: оно доказывает, что для производства низкозастывающей жидкости пригодно именно дешевое, массовое сырье, примеси которого не ухудшают целевых свойств продукта, что закладывает основу для энергоресурсосберегающей технологии и существенного снижения себестоимости конечного изделия [4].

Дальнейшие исследования показали, что добавление к эвтектическому раствору хлорида кальция малых количеств изопропилового спирта приводит к неожиданному и крайне важному синергетическому эффекту, при котором температура застывания понижается значительно сильнее, чем можно было бы ожидать от простого смешения компонентов. При этом зависимость оказалась нелинейной: добавка десяти процентов спирта снизила температуру до -61°C , а добавка пяти процентов оказалась еще эффективнее, позволив достичь -65°C . Такой результат свидетельствует о сложных физико-химических взаимодействиях в трехкомпонентной системе, где небольшое количество поверхностно-активного спирта, по-видимому, нарушает структуру воды и сольватных оболочек ионов кальция, препятствуя упорядочиванию молекул в кристаллическую решетку льда или кристаллогидрата соли, причем оптимум этого воздействия лежит именно в области малых концентраций.

Однако обнаруженное улучшение свойств при пятипроцентной концентрации спирта вступило в противоречие с требованиями пожарной безопасности, поскольку испытания показали, что такая жидкость является горючей: пары изопропанола, скапливающиеся над поверхностью, давали устойчивую вспышку при контакте с открытым пламенем. Для огнетушащего средства это абсолютно недопустимо, поэтому была проведена серия экспериментов по снижению концентрации спирта до пожаробезопасного уровня. В результате установлено, что порог, при котором визуально фиксируемая вспышка исчезает полностью, составляет два процента массы. Состав с таким содержанием изопропанола продемонстрировал температуру застывания -61°C , что лишь на четыре градуса выше оптимального, но опасного пятипроцентного варианта, и при этом является полностью негорючим и не выделяет паров в концентрациях, опасных для воспламенения или взрыва.

Таким образом, оптимальный состав низкозастывающей пожаротушающей жидкости, сочетающий экстремально низкую температуру застывания с абсолютной пожарной безопасностью, соответствует соотношению 32 мас. % технического хлорида кальция, 2 мас. % изопропилового спирта и 66 мас. % воды. Данный состав сохраняет работоспособность при температурах до -61°C , что значительно ниже официального порога низких температур и покрывает даже экстремальные климатические условия Арктики и Якутии, где такие температуры фиксируются крайне редко, но все же возможны. При этом жидкость негорюча, что принципиально отличает ее от ранее известных гликолевых или высокоспиртовых аналогов и делает пригодной для применения в пожаротушении без создания дополнительных рисков.

Важнейшим этапом работы стали натурные испытания, проведенные в декабре 2022 года в селе Сырдах Республики Саха (Якутия) при участии Арктического научно-исследовательского центра, Государственной противопожарной службы и МЧС России. Три тонны опытной жидкости перед применением в течение двух недель хранились на открытом воздухе при температурах, опускавшихся до -48°C , и полностью сохранили текучесть. В ходе испытаний пожарные расчеты работали в штатном режиме, подавая состав по рукавным линиям, и результаты превзошли ожидания практиков: жидкость сохраняла полную текучесть на протяжении всей подачи, пожарные рукава не теряли эластичности и оставались гибкими, необходимыми для маневрирования, соединительные головки и узлы оборудования не обмерзали и не смерзались, что позволило оперативно наращивать и перестраивать линии, а спецодежда пожарных, намокшая от состава, не превращалась в ледяной панцирь, что

критически важно для сохранения работоспособности личного состава в условиях экстремального холода.

Эти испытания наглядно подтвердили, что разработанная жидкость позволяет вести эффективную борьбу с огнем в условиях, где традиционные средства полностью парализованы холодом, причем использование штатной пожарной техники не требует ее специальной модернизации. Любое подразделение, заправив цистерну данным составом, становится способным работать в арктических условиях, что открывает путь к массовому внедрению технологии без колоссальных затрат на переоснащение парка техники. Успешная апробация стала основой для перехода к опытно-конструкторским работам по организации опытного промышленного производства.

Предложенный физико-химический подход не исключает, а дополняет развитие технических средств пожаротушения в Арктике, позволяя решить проблему в ее фундаменте [2, 5]. Вместо того чтобы тратить колоссальные ресурсы на попытки не дать воде замерзнуть в рукавах с помощью подогрева, циркуляции и утепления магистралей, предлагается использовать вещество, которое по своей природе не замерзает при данных температурах. Это позволяет экономить время и ресурсы, исключает потери на борьбу с обледенением, снижает риск выхода техники из строя и, главное, повышает безопасность личного состава, который работает в более комфортных и предсказуемых условиях, не опасаясь обморожений из-за контакта с ледяной водой.

Дальнейшее развитие работы должно быть направлено на отработку технологического регламента промышленного производства, создание нормативной базы для применения низкозастывающих жидкостей в Арктической зоне, а также на исследование возможности использования подобных составов для создания защитных слоев, предотвращающих повторное возгорание, и для других специальных применений, например в лесопожарной сфере [6, 7]. Переход от пассивной концепции борьбы с холодом к активному использованию свойств холода через создание специализированных материалов является магистральным путем развития пожарной безопасности в высоких широтах и необходимой составляющей стратегии освоения Арктических регионов Российской Федерации.

Список источников

1. Душкин А. Л., Ловчинский С. Е., Рязанцев Н. Н. Первичные средства пожаротушения для Арктики // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — № 5 (Т. 25). — С. 66–73.
2. Пичугин А.И., Кузнецов Ю.С., Навценя Н.В., Колозников П.А. Разработка пожарных автомобилей для эксплуатации в северных и арктических климатических условиях // Пожарная безопасность. — 2023. — № 3 (112). — С. 63–68.
3. Игнатьев А. Л. Особенности организации тушения пожаров в условиях низких температур // Арктика и Север. — 2011. — № 3. — С. 162–168.
4. Шипицын Ю.А. О разработке и предварительных результатах применения в Республике Саха (Якутия) низкозастывающих жидкостей для пожаротушения в условиях низких температур // Арктика 2035: актуальные вопросы, проблемы, решения. — 2024. — № 5. — С. 78–85.
5. Ключ В.В., Решетов А.П., Монашков В.В. Об особенностях тушения пожаров при перевозке опасных грузов в районах Крайнего Севера // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». — 2025. — № 2. — С. 50–61.
6. Таранцев А.А., Ищенко А.Д., Холостов А.Л., Таранцев А.А., Горохов А.П. Проблема подавления пожара на удаленных автономных объектах в условиях экстремально низких температур // Технологии техносферной безопасности. — 2019. — № 2. — С. 30–40.
7. К вопросу о создании жидкости для пожаротушения в условиях крайне низких температур / Н. А. Богатов, В. С. Болдырев, А. С. Савина [и др.] // Техносферная безопасность, проблемы и перспективы : Сборник трудов V Международной научно-практической

конференции, Химки, 29 ноября 2021 года. – Химки: Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2022. – С. 32-41.

Андрей Петрович Кирьян

ФГКУ «Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС России», Донецк, Россия
(a.kiryan@igps.80.mchs.gov.ru, SPIN 7096-8499; ID: 1269500)

Виктория Валентиновна Лебедева

ФГКУ «Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС России», Донецк, Россия
(v.lebedeva@80.mchs.gov.ru, SPIN 9777-7155, ID: 1208502)

Ирина Геннадиевна Старикова

ФГКУ «Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС России», Донецк, Россия
(i.starikova@80.mchs.gov.ru, SPIN 6993-9230; ID: 855840)

Влияние химических реагентов на огнетушащую способность воды

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по оценке влияния жидкого натриевого стекла, карбамида, сульфата и фосфата калия, карбоната кальция, циануровой кислоты, диаммонийфосфата и сульфата железа (III)-аммония на огнетушащую способность воды. Установлено, что наиболее эффективное влияние на тушение модельного очага горения оказывают водные композиции, содержащие 10 масс. % жидкого натриевого стекла и 5 масс. % сульфат калия. Получена аналитическая зависимость, устанавливающая влияние содержания жидкого натриевого стекла на огнетушащую способность воды. Результаты исследования позволяют выбрать наиболее рациональные добавки-модификаторы к воде для эффективного тушения пожаров класса А (твердые горючие материалы) и В (горючие жидкости). Разработанная экспериментальная методика и лабораторная установка могут использоваться для оценки эффективности тушения модельных очагов пожара водными композициями на этапе создания их рецептур.

Ключевые слова: пожарная безопасность, водорастворимые добавки, жидкое стекло, ингибирующая способность, рецептура состава, сульфат калия, тушение пожаров

Andrey P. Kiryan

Federal State Institution «NII «Respirator» of EMERCOM of Russia», Donetsk, Russia

Victoria V. Lebedeva

Federal State Institution «NII «Respirator» of EMERCOM of Russia», Donetsk, Russia

Irina G. Starikova

Federal State Institution «NII «Respirator» of EMERCOM of Russia», Donetsk, Russia

The effect of chemical reagents on the extinguishing capacity of water

Abstract. The article presents the results of studies evaluating the effect of liquid sodium glass, carbamide, sulfate and potassium phosphate, calcium carbonate, cyanuric acid, diammonium phosphate and ferrous (III)ammonium sulfate on the extinguishing capacity of water. It has been established that the most effective effect on extinguishing a model gorenje is provided by aqueous compositions containing 10 wt. % liquid sodium glass and 5 wt. % potassium sulfate. An analytical relationship has been obtained that establishes the effect of the content of liquid sodium glass on the extinguishing capacity of water. The results of the study make it possible to choose the most rational additives-modifiers to water for effective fire extinguishing of class A (solid combustible materials) and B (combustible liquids). The developed experimental technique and laboratory setup can be used to evaluate the effectiveness of extinguishing model fires with aqueous compositions at the stage of creating their formulations.

Keywords: fire safety, water-soluble additives, liquid glass, inhibitory ability, formulation of the composition, potassium sulfate, fire extinguishing

Современные технологии пожаротушения предусматривают применение тонкораспыленной воды, эффективность действия которой обусловлена повышенным охлаждающим эффектом за счет проникающего действия частиц непосредственно на очаг горения [1]. Однако плохая смачиваемость и низкая вязкость воды приводят к повышению ее расхода и времени тушения пожара. Для повышения огнетушащей способности воды применяют химические добавки – реагенты. Информация, доступная в научно-технической литературе [2–4], свидетельствует о перспективности применения химических реагентов для модификации физико-химических и огнетушащих свойств воды. Известно, что улучшенными параметрами тушения обладает вода, модифицированная жидким стеклом [5]. Несмотря на большое число опубликованных работ относительно различных ингибиторов горения, объем сведений об их огнетушащей способности невелик. Анализ существующей научной проблемы определил цель настоящего исследования – провести экспериментальные исследования и последующую оценку влияния химических реагентов на повышение огнетушащей способности воды.

В качестве объекта исследования выбраны:

- жидкое натриевое стекло ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$, где n – силикатный модуль);
- карбамид ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$);
- сульфат калия (K_2SO_4);
- фосфат калия (KH_2PO_4);
- карбонат кальция (CaCO_3);
- диаммонийфосфат в форме удобрения ($\text{H}_4\text{H}_2\text{PO}_4$);
- сульфат железа (III)-аммония ($\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$).

Исследования проводили согласно разработанной методике, которая предусматривала эксперименты по тушению модельного очага горения водными композициями, содержащими 10–60 масс. % жидкого стекла для установления его наиболее оптимального процентного содержания [6, 7]. Последующая серия экспериментов включала сравнительные исследования по оценке огнетушащей способности водных композиций, содержащих оптимальное соотношение жидкого стекла и химических реагентов. Оценка огнетушащей способности исследуемых композиций выполняли на лабораторной установке (рисунок 1).

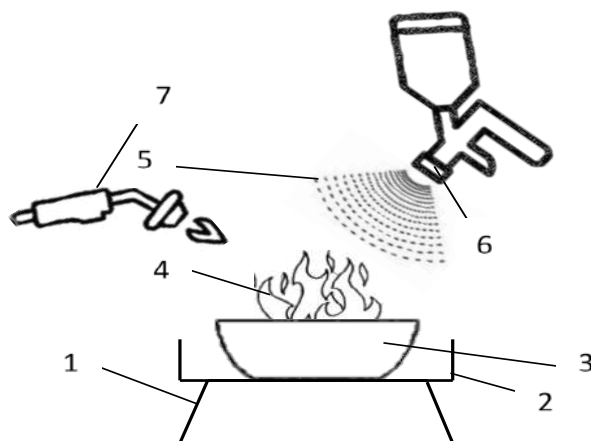


Рисунок 1– Установка для оценки огнетушащей способности водных композиций в лабораторных условиях: 1 – подставка; 2 – поднос; 3 – емкость для бензина; 4 – пламя; 5 – распыленная вода с химической добавкой; 6 – мелкодисперсный распылитель; 7 – газовая горелка

Водные композиции набирали в распылитель (6) объемом 100 мл. На подставку (1) с подносом (2) устанавливали металлическую емкость (3), в которую наливали 2 мл бензина и

поджигали при помощи газовой горелки (7). Распылитель подносили на расстоянии 200 мм к емкости и производили распыление композиции (5) до полного тушения пламени (4), момент которого регистрировали визуально. В качестве горючего вещества использовали автомобильный бензин.

Количественным критерием огнетушащей способности композиций выбрано количество распылений, израсходованных на полное прекращение горения модельного очага. Огнезащитную эффективность композиций оценивали сравнением с результатом тушения пламени технической водой без применения антипиренов. Результаты исследования позволили установить зависимость огнетушащей способности воды (количество распылений композиции, затраченных на полное тушение пламени) n от содержания в ней жидкого стекла m , масс. %, в диапазоне концентраций 10–60 масс. %. Экспериментальные значения с высокой достоверностью (коэффициент корреляции 0,92) аппроксимированы полиномиальной зависимостью третьего порядка (рисунок 2).

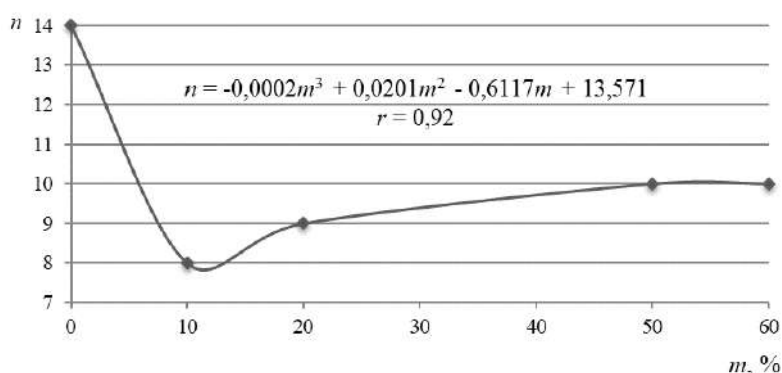


Рисунок 2 – Зависимость огнетушащей способности воды от содержания жидкого стекла

Установлено, что массовое содержание жидкого стекла в воде, при котором достигается наименьшее количество распылений (8 раз), следовательно, и повышение огнетушащей способности воды (в 1,8 раз по отношению к воде без добавок), составляет 10 масс. %.

Для выбора наиболее эффективного антипирена, повышающего огнетушащую способность воды, модифицированной 10 масс. % жидкого стекла, были проведены дополнительные исследования. Наиболее эффективное влияние на тушение очага горения оказала добавка в композицию сульфата калия за счет образования тонкой поверхностной пленки, препятствующей поступлению кислорода воздуха к очагу горения, и последующего затухания пламени. Незначительный эффект тушения отмечен для карбамида, карбоната кальция и фосфата калия. Тушение очага горения композициями, содержащими аммоний железа (III)-сульфат и диаммонийфосфат (в форме удобрения) происходило с задержкой, в связи с недостаточным растворением солей в воде. Для сравнения и оценки огнетушащей способности композиций на основе 10 % водного раствора жидкого стекла с добавками различных антипиренов, а также воды без добавок антипиренов построена гистограмма (рисунок 3)

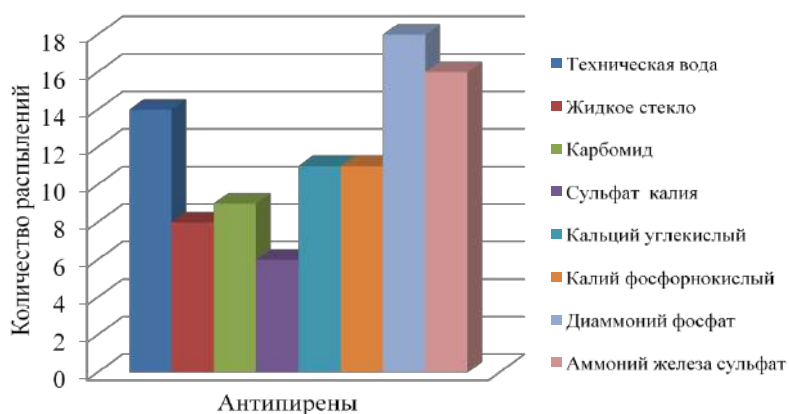


Рисунок 3 – Влияние антипиренов на огнетушащую способность композиций

Как видно из гистограммы, введение 10 масс. % жидкого стекла и 5 масс. % сульфата калия повысило огнетушащую эффективность воды в 1,8 и 2,3 раза соответственно.

Таким образом, водный раствор с концентрацией жидкого стекла 10 масс. % и сульфата калия 5 масс. % обладает огнетушащими свойствами, значительно превышающими огнетушащие характеристики воды без химических добавок.

Перспективным направлением дальнейших исследований видится оптимизация огнетушащих свойств композиции путем варьирования процентного содержания сульфата калия в диапазоне массовых концентраций 2–8 масс. %.

Список источников

1. Засыпка, П. А. Этапы развития системы автоматического пожаротушения тонкораспыленной водой. Зарубежный опыт / П. А. Засыпка // Теория и практика современной науки. – 2020. – № 2(56). – С. 78–81.
2. Лебедева, Н. Ш. Исследование физических и огнетушащих свойств пен с целевыми добавками / Н. Ш. Лебедева, Н. А. Таратанов // Современные проблемы гражданской защиты. – 2021. – № 4(41). – С. 85–93.
3. Пустовалов, И. А. Добавки для повышения эффективности тонкораспыленной воды при тушении пожаров нефтепродуктов / И. А. Пустовалов, А. В. Иванов // Техносферная безопасность. – 2024. – № 1(42). – С. 2–11.
4. Пустовалов, И. А. Экспериментальное исследование огнетушащей способности модульных установок пожаротушения тонкораспыленной водой, модифицированной астраленами / И. А. Пустовалов // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. – 2021. – Т. 30. – № 5. – С. 84–97. DOI: 10.22227/0869-7493.2021.30.05.84-97
5. Павлов, М. М. Жидкофазные огнетушащие составы на основе жидкого стекла / М. М. Павлов, А. И. Янц // Международный научный журнал «Инновационная наука». – 2017. – № 08. – С. 28–29.
6. Лебедева, В. В. Влияние антипиренов на повышение огнетушащей способности воды / В. В. Лебедева, М. К. Томилов // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2024 – № 2(61). – С. 103-111.
7. Лебедева, В. В. Влияние физических свойств водных композиций на их огнетушащую способность / В. В. Лебедева, М. К. Томилов // Научный вестник НИИ «Респиратор». – 2024. – № 3(61). – С. 32–40.

Ирина Геннадиевна Старикова

ФГКУ «Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС России», Донецк, Россия
(i.starikova@80.mchs.gov.ru, SPIN 6993-9230, ID: 855840)

Георгий Иванович Пештибай

ФГКУ «Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС России», Донецк, Россия
(g.peftibay@80.mchs.gov.ru, SPIN 6982-0099, ID: 936491)

Николай Александрович Галухин

ФГКУ «Научно-исследовательский институт «Респиратор» МЧС России», Донецк, Россия
(n.galuhin@80.mchs.gov.ru, SPIN 6004-0555, ID: 987014)

Игорь Александрович Татаров

ФГКОУ ВО «Донецкий институт Государственной противопожарной службы МЧС России»,
Россия (i.tatarov@igps.80.mchs.gov.ru)

Совершенствование и обоснование конструктивных решений ствола ранцевой пожаротушащей установки

Аннотация. Работа посвящена совершенствованию малорасходных средств тушения пожара тонкораспыленной водой. Показано, что для повышения эффективности пожаротушения должна быть повышена кинетическая энергия и полный импульс газодапельной струи на срезе сопла. Предложено техническое решение, реализующее центробежно-газодинамический принцип распыления воды газовыми струями, что снижает затраты кинетической энергии на диспергацию и разгон капельного потока. Для определения оптимальных конструктивных параметров газодапельного сопла разработана математическая модель и комплексный критерий оптимизации геометрического профиля сопла. Получены выражения для определения оптимальных значений радиуса расположения и угла наклона газовых струй относительно продольной оси газодапельного сопла. Использование полученных зависимостей и разработанной математической модели для численного моделирования позволяют определить оптимальные конструктивные параметры ствола пожаротушащей установки и повысить ее эффективность тушения тонкораспыленной водой.

Ключевые слова: газодапельное сопло, ствол, математическая модель, оптимальные параметры, центробежно-газодинамическое распыление.

Irina G. Starikova

The Scientific Research Institute «Respirator» of EMERCOM of Russia, Donetsk, Russia

Georgy I. Peftibay

The Scientific Research Institute «Respirator» of EMERCOM of Russia, Donetsk, Russia

Nikolay A. Galukhin

The Scientific Research Institute «Respirator» of EMERCOM of Russia, Donetsk, Russia

Igor A. Tatarov

State Fire Donetsk Institute of EMERCOM of Russia, Donetsk, Russia

Improving and validating design solutions for a backpack fire extinguishing system

Annotation. This work is devoted to improving low-flow water mist fire extinguishing systems. It is shown that to improve fire extinguishing efficiency, the kinetic energy and total momentum of the gas-droplet jet at the nozzle exit must be increased. A technical solution has been proposed that utilizes the centrifugal-gasdynamic principle of water atomization with gas jets, reducing the kinetic energy required for dispersion and acceleration of the droplet flow. To determine

the optimal design parameters of a gas-droplet nozzle, a mathematical model and a comprehensive criterion for optimizing the nozzle's geometric profile have been developed. Expressions have been obtained for determining the optimal values of the radius of location and the angle of inclination of the gas jets relative to the longitudinal axis of the gas-droplet nozzle. The use of the obtained dependencies and the developed mathematical model for numerical simulation allows us to determine the optimal design parameters of the fire extinguishing system barrel and increase its extinguishing efficiency with finely atomized water.

Keywords: gas-droplet nozzle, barrel, mathematical model, optimal parameters, centrifugal gas-dynamic atomization.

Тонкораспыленная вода, как одно из возможных направлений повышения эффективности тушения пожара, получила широкое распространение благодаря интенсификации теплообменных процессов, сокращению объема затраченной воды, времени тушения пожара и уменьшения вторичного материального ущерба от пролива воды [1 - 4]. Практическая реализация указанных преимуществ сталкивается с серьезной проблемой преодоления кинетического барьера конвекционных потоков пожара и требует повышения начального импульса капельной струи для преодоления встречного импульса восходящих тепловых потоков. В случае превышения импульса капельной струи над импульсом тепловых потоков пожара повышается проникающая способность капель на поверхность горящего материала, за счет чего осуществляется поверхностный механизм тушения пожара, отличающийся сокращениями расхода воды и времени тушения пожара. Поэтому совершенствование технических решений, направленных на повышение кинетической энергии и импульса капельной струи является актуальной задачей, способствующей повышению эффективности пожаротушения тонкораспыленной струей воды.

Цель работы являлось совершенствование технических решений для повышения кинетической энергии и импульса, определение конструктивных параметров ствола пожаротушающей установки тонкораспыленной водой.

Известные технические решения¹⁵ используют газодинамический принцип распыления воды, заключающийся в том, что струйки воды вводятся в высокоскоростные газовые струи перпендикулярно (векторы скорости газа и воды перпендикулярны). За счет динамического взаимодействия газовые струи разрушают струйки воды, изменяют их направление движения на 90 ° и направляют в конфузорную часть сопла типа Лавали. Недостаток состоит в значительной потере кинетической энергии несущей фазы на разрушение струек воды, изменение направления движения и их разгон, что снижает импульс капельной струи на срезе сопла.

Устройство для распыления жидкости газом¹⁶ содержит сверхзвуковое газовое сопло с соосно расположенной вихревой камерой, в которую подается дисперсная фаза, причем газовая струя, истекающая через кольцевой зазор, разрушает пленочную жидкость дисперсной фазы и подает её в двухфазное газокapпельное сопло для дальнейшего разгона и дробления. Недостаток рассмотренного технического решения состоит в том, что оно не применимо для малорасходных средств пожаротушения типа ранцевых установок из-за необходимости выполнения кольцевого зазора толщиной в несколько десятых долей миллиметра, который сложно изготовить, контролировать и защитить от засорения. Анализируя недостатки рассмотренных устройств пожаротушения, можно сделать вывод об актуальности дальнейшего совершенствования их конструктивных решений для

¹⁵ Патент RU 24639, МПК A62C 13/00, B05B 7/04. Устройство для пожаротушения : № 2002111191/20 : заявл. 30.04.2002 : опубл. 20.08.2002 / Карпышев А. В. ; заявитель ООО «Темперо».

Патент RU 2107554, МПК B05B 7/00, A01G 25/00, A62C 31/02. Способ создания газокapпельной струи, установка для его осуществления и сопло для создания газокapпельной струи : № 96113451/25 : заявл. 08.07.1996: опубл. 27.03.1998 / Зуев Ю. В., Карпышев А. В., Лепешинский И. А. ; заявитель НИИ низких температур при Московском государственном авиационном институте (техническом университете).

Патент RU 2316369, МПК A62C 31/02, B05B 7/04. Устройство пожаротушения : № 2006122074/12 : заявл. 22.06.2006 : опубл. 10.02.2008 / Душкин А. Л., Карпышев А. В.

¹⁶ Полезная модель RU 125494, МПК B05B 7/10, A62C 31/02. Устройства для распыления жидкости газом: № 2012110428/05 : заявл. 19.03.2012 : опубл. 10.03.2013 / Андрушкин А.Ю.

повышения кинетической энергии капельной струи, а, следовательно, и для повышения эффективности тушения пожара.

Для сокращения затрат кинетической энергии газовых струй на диспергацию воды предлагается техническое решение с центробежно-газодинамическим способом получения тонкораспыленной воды. На рисунке 1 показана конструктивная схема ствола малорасходной пожаротушающей установки, в которой процесс распыления воды состоит из двух этапов: гидравлического центробежного и газодинамического.

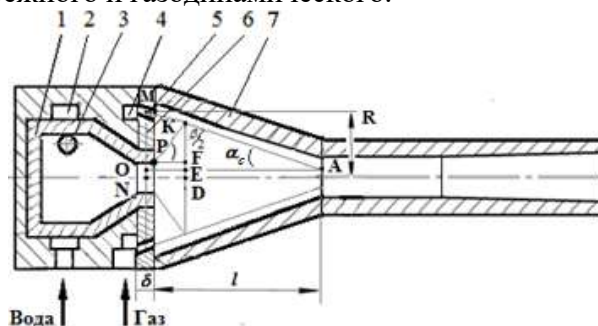


Рисунок 1- Конструктивное решение ствола установки пожаротушения с центробежно-газодинамическим принципом получения тонкораспыленной воды: 1 – центробежная форсунка; 2 – канал подвода воды; 3 – входное отверстие; 4 – канал подвода газа; 5 – газовые сопла; 6 – распылительный диск; 7 – газокапельное сопло

Вода подается через канал 2 и входные отверстия 3 тангенциально во внутреннюю полость центробежной форсунки 1, где приобретает поступательное и вращательное движения, и выбрасывается в конфузор газокапельного сопла 7 в виде тонкой пленки. Тонкая пленка воды крайне неустойчива и под действием высокоскоростных струй, истекающих из газовых сопел 5, легко разрушается с минимальной потерей кинетической энергии несущей фазы. За счет этого интенсифицируется ускорение газодинамического потока в каналах газокапельного сопла, увеличивается кинетическая энергия и импульс струи на срезе сопла. За счет высокоэнергетической капельной струи увеличивается проникающая способность капель, повышается эффективность тушения пожара.

Существенное влияние на формирование высокоскоростного газокапельного потока оказывает ряд конструктивных параметров ствола - геометрического профиля, радиуса расположения и угла наклона газовых сопел. Для оценки оптимальности (эффективности) газокапельного сопла введем комплексный критерий эффективности [5], характеризующий способность газокапельного сопла обеспечить одновременно наибольший импульс струи и наибольшую кинетическую энергию на срезе сопла

$$\eta = \frac{1}{(1+g)u_{см}} \sqrt{\frac{(u_{гср}^2 + g u_{ксп}^2)(u_{гср} + g u_{ксп})}{u_{см}}}, \quad (1)$$

где:

g – коэффициент загрузки потока каплями;

$u_{гср}$, $u_{ксп}$, $u_{см}$ – скорости газа, капель и гомогенной смеси на срезе сопла соответственно, м/с.

Для определения $u_{гср}$, $u_{ксп}$, входящих в формулу (1), составим систему дифференциальных уравнений:

- движения газовой и капельной фаз;
- теплообмена между фазами;
- закона сохранения полной энергии;
- состояния идеального газа;
- функцию распределения давления вдоль газокапельного сопла;

— неразрывности потока.

В результате получаем следующую систему уравнений

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{du_k}{dx} = -\frac{1}{\rho_k u_k} \frac{dP}{dx} + \frac{3}{4} \frac{\rho_\Gamma}{\rho_k} C_x \frac{(u_\Gamma - u_k)^2 g}{d_k u_k} \\ \frac{du_\Gamma}{dx} = -\frac{1}{\rho_\Gamma u_\Gamma} \frac{dP}{dx} - \frac{3}{4} \frac{\rho_\Gamma}{\rho_k} C_x \frac{(u_\Gamma - u_k)^2 g}{d_k u_k} - \frac{\tau \pi D}{G_\Gamma} \\ \frac{dT_k}{dx} = -\frac{6\alpha(T_k - T_\Gamma)}{d_k u_k C_{pk} \rho_k} - \frac{u_k}{C_{pk}} \frac{du_k}{dx} \\ g \left(C_{pk} T_{ko} + \frac{u_{ko}^2}{2} \right) + C_{pg} T_{go} + \frac{u_{go}^2}{2} = g \left(C_{pk} T_k + \frac{u_k^2}{2} \right) + C_{pg} T_\Gamma + \frac{u_\Gamma^2}{2} \\ D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \left(\frac{G_\Gamma}{\rho_\Gamma u_\Gamma} + \frac{G_k}{\rho_k u_k} \right)} \\ \frac{dP}{dx} = \frac{2mnP_o}{l} \left(\frac{P_a}{P_o} - 1 \right) \left(\frac{x}{l_c} \right)^{mn-1} \left[2 - \left(\frac{x}{l_c} \right)^m \right]^{n-1} \left[1 - \left(\frac{x}{l_c} \right)^m \right] \\ \rho_\Gamma = \frac{P_o \left\{ \left(\frac{P_a}{P_o} - 1 \right) \left[2 \left(\frac{x}{l_c} \right)^m - \left(\frac{x}{l_c} \right)^{2m} \right]^n + 1 \right\}}{R_\Gamma T_\Gamma} \\ C_x = \frac{24}{Re_k} + 4,4 \sqrt{Re_k} + 0,32 \\ Re_k = \frac{(u_\Gamma - u_k) d_k \rho_\Gamma}{\mu_\Gamma} \\ \tau = \frac{0,079}{Re_\Gamma^{0,25}} \frac{\rho_\Gamma u_\Gamma^2}{2} \\ Re_\Gamma = \frac{\rho_\Gamma u_\Gamma D}{\mu_\Gamma} \\ \alpha = \left(2 + 0,6 Re_k^{0,5} P_r^{0,33} \right) \frac{\lambda_\Gamma}{d_k} \end{array} \right. \quad (2)$$

где:

u_k, u_Γ – скорости капля и газа, м/с;

x – продольная координата сопла, м;

ρ_k – плотность вещества капли, кг/м³;

ρ_Γ – плотность газа, кг/м³;

P – давление, Па;

$C_x = \frac{24}{Re_k} + 4,4 \sqrt{Re_k} + 0,32$ – коэффициент аэродинамического сопротивления капли;

$Re_k = \frac{(u_\Gamma - u_k) d_k \rho_\Gamma}{\mu_\Gamma}$ – число Рейнольдса для капли;

d_k – диаметр капли, м;

μ_Γ – коэффициент динамической вязкости газа, Па · с (для воздуха $\mu_\Gamma = 18,1 \cdot 10^{-6}$ Па · с);

$\tau = C_f \frac{\rho_\Gamma u_\Gamma^2}{2}$ – касательное напряжение на стенке канала сопла, Н/м²;

$C_f = \frac{0,079}{Re_\Gamma^{0,25}}$ – коэффициент трения газа в канале сопла;

$Re_\Gamma = \frac{\rho_\Gamma u_\Gamma D}{\mu_\Gamma}$ – число Рейнольдса для газа;

D – диаметр канала сопла, м;

G_k, G_Γ – массовые расходы капля и газа, кг/с;

T_k, T_Γ – температуры капля и газа, К;

α – коэффициент теплопередачи, Вт/(м² · К);

C_{pk} – теплоемкость вещества капли (воды), Дж/(кг · К);

C_{pg} – теплоемкость газа при постоянном давлении, Дж/(кг · К);

T_{ko}, T_{go} – температуры капля и газа на входе сопла, К;

u_{ko}, u_{go} – скорости капля и газа на входе сопла, м/с;

m, n – варьируемые параметры функции.

P_o, P_a – давления в начале и на срезе сопла, Па;

l_c – длина сопла, м;

R_c – универсальная газовая постоянная, Дж/(кг·К).

P_r – число Прандтля для газа;

λ_r – коэффициент теплопроводности газа, Вт/(м·К).

Решением системы уравнений (2) являются функции u_k, u_z, T_k, T_z , по которым определяется зависимость $D(x)$ диаметра сопла от его длины, то есть находим геометрический профиль сопла.

Оптимизационная задача решается относительно u_k, u_z с последующим определением числового значения критерия (1), находящегося в диапазоне $0 \leq \eta \leq 1$. Большшему значению η соответствует большая эффективность сопла. Варьируемыми параметрами являются величины m, n , входящие в формулу функции давления P , Па

$$P = P_o \left\{ \left(\frac{P_a}{P_o} - 1 \right) \left[2 \left(\frac{x}{l} \right)^m - \left(\frac{x}{l} \right)^{2m} \right]^n + 1 \right\}.$$

Варьируя параметрами в диапазонах $0,9 \leq m \leq 1,1, 1,5 \leq n \leq 4$ методом имитационного моделирования системы (1), находим наилучшее значение η и соответствующую ему оптимальную функцию $D(x)$.

Для обоснования конструктивных параметров газовых сопел воспользуемся результатами исследований [6], где приведена зависимость относительно толщины пленки жидкости от относительного расстояния до среза сопла центробежной форсунки, показанной на рисунке 2.

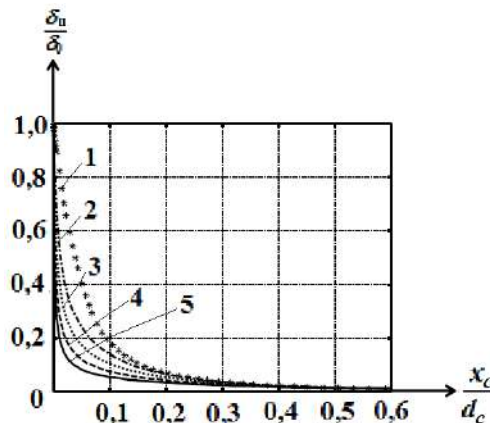


Рисунок 2 – Кривые зависимости относительной толщины пленки от относительного расстояния до среза сопла центробежной форсунки. Противодавление газовой среды:

1 – 0,1 МПа; 2 – 0,6 МПа; 3 – 1,2 МПа; 4 – 2,4 МПа; 5 – 4,8 МПа

Из рисунка 2 видно при $\frac{x_c}{d_c} \geq 0,3$ толщина пленки минимальна и практически не изменяется с увеличением x_c , а противодавление не влияет на толщину пленки. Следовательно, наиболее рациональное значение координаты пересечения (точка К) (рисунок 2) газовой МА со струей пленочной жидкости РК определяется длиной отрезка $PF \geq 0,2 d_c$,

где:

x_c – расстояние до среза сопла центробежной форсунки, м;

d_c – диаметр сопла центробежной форсунки, м.

Тогда из подобия треугольников МОА и КЕА получим оптимальное значение радиуса R , м, расположения газовых сопел на распылительном диске

$$\frac{[0,3 \operatorname{tg}(0,5\beta) d_c + 0,5(d_c - 0,5D_K)] (l + 0,5\delta)}{l - 0,3d_c} + 0,5(d_c - 0,5D_K) \leq R \leq$$

$$\leq R_o - \frac{0,5\delta[0,3 \operatorname{tg}(0,5\beta)d_c + 0,5(d_c - 0,5D_k)]}{l - 0,3d_c},$$

где:

β – угол факела распыления центробежной форсунки, °;

D_k – критический диаметр газокапельного сопла, м;

l – длина конфузора газокапельного сопла, м;

R_o – максимальный радиус диффузора, м;

δ – толщина распылительного диска, м.

Угол α_c , ° наклона газовых сопел относительно продольной оси определяется неравенством

$$\arctg \frac{0,3 \operatorname{tg}(0,5\beta)d_c + 0,5(d_c - 0,5d_k)}{l - 0,3d_c} \leq \alpha_c \leq \arctg \frac{R - 0,5(d_c - 0,5d_k)}{l + 0,5\delta} - \frac{0,5\delta[0,3 \operatorname{tg}(0,5\beta)d_c + 0,5(d_c - 0,5d_k)]}{(l - 0,3d_c)(l + 0,5\delta)}.$$

Предложено техническое решение с центробежно-газодинамическим распылением воды, позволяющее повысить кинетическую энергию и полный импульс газокапельной струи на срезе сопла. Разработана оптимизационная математическая модель течения газокапельного потока, отличающаяся тем, что:

– предложена алгебраическая функция давления с двумя варьируемыми параметрами, позволяющая генерировать множество кривых изменения давления для оптимизации канала газокапельного сопла;

– предложен комплексный критерий оптимизации, учитывающий одновременно энергетический и импульсный показатели эффективности газокапельного сопла;

– установлены аналитические зависимости для определения оптимальных конструктивных параметров сопла - радиуса расположения и угла наклона газовых сопел.

Применение полученных зависимостей и математической модели для численного моделирования позволяет решить задачу оптимизации геометрического профиля канала газокапельного сопла и, как следствие, повысить эффективность тушения пожара.

Список источников

1. Импульсное пожаротушение – состояние вопроса / А. В. Казаков, Р. А. Емельянов, Д. В. Бухтояров, Д. В. Полтавец // Пожарная безопасность. – 2022. – № 3 (108). – С. 70–75.
2. Дауэнгауэр, С. А. Пожаротушение тонкораспыленной водой: механизмы, особенности, перспективы / С. А. Дауэнгауэр // Пожаровзрывобезопасность. – 2004. – № 6. – С. 78–81.
3. Пахомов, Г. Б. Новейшая технология пожаротушения тонкораспыленной водой. Характеристики устройств и перспективы развития / Г. Б. Пахомов // Мир и безопасность. – 2008. – № 3. – С. 24–29.
4. Андрюшкин, А. Ю. Формирование дисперсных систем сверхзвуковым газодинамическим распылением / А. Ю. Андрюшкин; Балтийский государственный технический университет. – СПб., 2012. – 400 с.
5. Пефтибай, Г. И. Устройство пожаротушения с центробежно-газодинамическим принципом получения тонкораспыленной воды / Г. И. Пефтибай, Н. А. Галухин, И. А. Татаров // Проблемы техносферной безопасности. Ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов I Научно-практической конференции с международным участием, 28–29 мая 2025 года. – Донецк: ФГКУ «НИИ «Респиратор» МЧС России», 2025. – С. 78–80.

6. Свириденков, А. А. Характеристики факела распыливания за центробежными форсунками при повышенном давлении в камере сгорания / А. А. Свириденков, В. В. Третьяков // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2016. – Т. 15. – № 4. – С. 143–149.

УДК 614.8
ББК 68.9

Виталий Игоревич Танасиенко

26 ПСЧ 7 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Иркутской области, Братск, Россия
(tanasienko2002@mail.ru, SPIN 9271-7135, ID: 2012949)

Михаил Александрович Колбашев

ФГБУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Иваново, Россия (kolbashow@mail.ru, SPIN 8256-6157, ID: 1351859)

Интеграция интеллектуального помощника на основе искусственного интеллекта в системы пожаротушения

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема повышения эффективности реагирования на пожары за счёт внедрения интеллектуальных помощников на базе искусственного интеллекта в состав систем пожаротушения. Проанализированы ключевые преимущества такого подхода, включая оптимизацию маршрутизации пожарной техники с учётом динамических данных о дорожной обстановке и физических ограничений (габаритов автомобиля и доступных подъездных путей). Приведены примеры применения современных технологий, таких как интеллектуальные транспортные системы и нейросетевые модели, которые уже используются в деятельности Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) для ускорения анализа чрезвычайных ситуаций. Особое внимание уделено интеграции данных от коммерческих геоинформационных сервисов, таких как «Яндекс Карты» и «2ГИС», для повышения точности расчётов. Обосновывается, что интеграция ИИ-ассистентов способствует сокращению времени прибытия первого подразделения на место вызова, что является критически важным фактором для минимизации последствий пожара и обеспечения безопасности личного состава. Представленный подход соответствует общемировым тенденциям цифровизации систем противопожарной защиты и национальным программам развития интеллектуальной транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: системы пожаротушения, искусственный интеллект, интеллектуальный помощник, маршрутизация, пожарная техника, интеллектуальные транспортные системы, МЧС России, геоинформационные сервисы.

Vitaly I. Tanasienko

26 Fire Station 7 of the Fire Department of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Irkutsk Region, Bratsk, Russia

Mikhail A. Kolbashev

Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency situations of Russia, Ivanovo, Russia

Integration of an artificial intelligence-based intelligent assistant into fire extinguishing systems

Abstract. The article addresses the urgent problem of improving the efficiency of fire response by integrating artificial intelligence-based intelligent assistants into fire extinguishing systems. The key advantages of this approach are analyzed, including the optimization of fire vehicle routing based on dynamic traffic data and physical constraints (vehicle dimensions and available access routes). Examples of modern technologies in use, such as intelligent transportation systems and neural network models already employed by the Russian Ministry of Emergency Situations (EMERCOM) for accelerating emergency situation analysis, are provided. Special attention is paid to the integration of data from commercial geoinformation services, such as Yandex Maps and 2GIS, to improve

calculation accuracy. It is substantiated that the integration of AI assistants contributes to reducing the arrival time of the first unit at the scene, which is a critical factor in minimizing fire consequences and ensuring personnel safety. The proposed approach aligns with global trends in the digitalization of fire protection systems and national programs for the development of intelligent transportation infrastructure.

Keywords: fire extinguishing systems, artificial intelligence, intelligent assistant, routing, fire vehicles, intelligent transportation systems, Russian EMERCOM, geoinformation services.

В условиях современных вызовов оперативность реагирования на пожары является одним из главных факторов, определяющих успешность ликвидации чрезвычайной ситуации. Традиционные методы диспетчеризации и прокладки маршрутов часто не учитывают в полной мере динамические изменения дорожной обстановки и специфику габаритов пожарной техники. Интеграция интеллектуального помощника на основе искусственного интеллекта (ИИ) в системы пожаротушения позволяет решить эту проблему комплексно.

Основным преимуществом внедрения ИИ-ассистента является его способность к быстрой и точной прокладке кратчайшего и безопасного маршрута. Современные алгоритмы машинного обучения могут анализировать в реальном времени потоки данных от различных источников: камер видеонаблюдения, GPS-трекеров других транспортных средств, а также публичных и коммерческих геоинформационных платформ, таких как «Яндекс Карты» и «2ГИС». Эти сервисы предоставляют не только актуальные данные о загруженности дорог, но и содержат детализированную информацию о дорожной сети, включая ширину проездов, наличие одностороннего движения, высоту мостов и другие параметры, критичные для крупногабаритной техники. На основе этого анализа система не просто выбирает самый короткий путь, а рассчитывает маршрут с минимальным временем в пути, учитывая текущую загруженность дорог.

Кроме того, ИИ-ассистент обладает уникальной способностью учитывать физические ограничения пожарной техники. В его базу данных заложены точные параметры каждого типа пожарного автомобиля (длина, ширина, высота, радиус разворота). Система сопоставляет эти данные с цифровой картой местности, содержащей информацию о ширине проездов, высоте мостов и линий электропередач, прочности дорожного покрытия и наличии узких ворот или арок. Это позволяет исключить из рассмотрения маршруты, по которым техника физически не сможет проехать, что экономит драгоценное время на этапе планирования.

В результате ИИ-ассистент не только направляет экипаж к координатам возгорания, но и указывает место наилучшего подъезда — ту точку, откуда можно наиболее эффективно начать развертывание оборудования и подачу огнетушащих веществ. Такой подход минимизирует необходимость в сложных и рискованных манёврах на месте происшествия, особенно в условиях плотной городской застройки.

Данное направление полностью соответствует стратегии МЧС России по внедрению передовых технологий. Как сообщается, ведомство уже использует нейросети для анализа фотографий с мест пожаров и предупреждения природных ЧС. Параллельно развивается национальная инфраструктура интеллектуальных транспортных систем, целью которой является повышение безопасности и оптимизация маршрутов.

Интеграция этих двух направлений в рамках единой системы пожаротушения, дополненная данными от проверенных геосервисов, создаёт мощный синергетический эффект, значительно повышающий общую эффективность противопожарной защиты.

Список источников

1. Актаева, А. У. Искусственный интеллект и пожарная безопасность / А. У. Актаева // Вестник молодого ученого. – 2023. – № 4. – С. 78–82.
2. Александрова, А. В. Обоснование и расчет системы пожаротушения для помещений предприятия быстрого обслуживания / А. В. Александрова, А. А. Левчук, С. П. Шурай, И. А. Ильин // НТК КубГТУ. – 2023. – С. 375–378.

3. Министерство транспорта РФ. Интеллектуальные транспортные системы: итоги 2025 года. – 2025. – URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/12411> (дата обращения: 09.02.2026).
4. Куренков, А. А. МЧС применяет технологии на основе искусственного интеллекта для прогнозирования ЧС // ТАСС. – 2025. – URL: <https://tass.ru/interviews/26028039> (дата обращения: 09.02.2026).
5. Нейросеть Яндекса начнёт помогать МЧС России в расследовании пожаров // Национальное информационное агентство. – 2025. – URL: <https://nia.eco/2025/11/27/109812/> (дата обращения: 09.02.2026).

Владимир Анатольевич Аристархов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (ava-agps@yandex.ru, SPIN 8003-4053, ID: 1050976)

Дмитрий Николаевич Балин

ГНЦ ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий)», Москва, Россия (ntp2006@mail.ru, SPIN 6228-0328, ID: 1077788)

Николай Николаевич Левов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (nlevov@mail.ru, SPIN 5934-2410, ID: 1265947)

Алгоритм выбора пожарного автомобиля для оснащения пожарно-спасательного подразделения

Аннотация. Оснащение пожарно-спасательных подразделений современной техникой является задачей должностных лиц пожарной охраны. Однако процесс выбора пожарного автомобиля часто осложнен влиянием человеческого фактора и преобладанием интуитивных решений над объективным анализом. В статье рассмотрен вопрос выбора пожарного автомобиля для оснащения подразделения пожарной охраны. Определён состав исходных данных, на основании которых осуществляется выбор пожарного автомобиля. Разработан и описан комплексный алгоритм выбора пожарного автомобиля при принятии решения о замене стоящего на вооружении образца или о доукомплектовании подразделения пожарной охраны новым пожарным автомобилем. Предложены направления дальнейшей реализации разработанного алгоритма, позволяющие максимизировать эффективность использования бюджетных средств.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, пожарная охрана, техническое обеспечение, техническая готовность, дракон-схема, пожарная техника

Vladimir A. Aristarkhov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Dmitry N. Balin

All-Russian Research Institute for Civil Defence of the EMERCOM of Russia (the Federal Science and High Technology Center), Moscow, Russia

Nikolai N. Levov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Algorithm for selecting a fire truck for equipping a fire and rescue unit

Abstract. Equipping fire and rescue units with modern appliances is a task for fire department officials. However, the process of choosing a fire truck is often complicated by the influence of the human factor and the prevalence of intuitive decisions over objective analysis. This article discusses the issue of choosing a fire truck for equipping a fire department. It defines the initial data required for selecting a fire truck. The article also presents a comprehensive algorithm for choosing a fire truck when making a decision to replace an existing model or to supplement a fire department with a new fire truck. The paper proposes directions for further implementation of the developed algorithm, which will maximize the efficiency of budget spending.

Keywords: fire truck, fire department, technical support, technical readiness, dragon diagram, fire appliances

Одной из важных задач, решаемых в практической деятельности пожарно-спасательных подразделений, является задача своевременного удовлетворения потребности в пожарных автомобилях. Данная задача может решаться в виде замены имеющегося пожарного автомобиля или доукомплектования подразделения новым пожарным автомобилем. Анализ закупочной деятельности показывает, что длительное время их выбор осуществлялся либо по принципу минимальной стоимости, либо по принципу «максимальной мощности» без учета реальной оперативной обстановки конкретного региона. В рамках решения данной задачи должностные лица сталкиваются с необходимостью обоснования выбора пожарного автомобиля. При этом при выборе того или иного пожарного автомобиля необходимо исходить из различных аспектов и учитывать как его тактико-технические характеристики (объем вывозимых огнетушащих веществ, производительность насоса, высота подъема и т.д.), так и технико-экономические (расход топлива, стоимость технического обслуживания, максимальная унификация с существующим парком и т.д.). Вопрос замены пожарных автомобилей рассматривался в работах Робенко В.В., Аристархова В.А. [1, 2]. Вместе с тем, как показывает практический опыт, в настоящее время применяются различные подходы к обоснованию выбора пожарного автомобиля, что в дальнейшем влияет на боевую готовность подразделения. Для минимизации влияния негативных факторов целесообразно выработать единый алгоритм выбора пожарного автомобиля.

В рамках настоящей работы был предложен комплексный алгоритм обоснования выбора пожарного автомобиля при принятии решения о переоснащении (оснащении) подразделения пожарной охраны. Для обеспечения наглядности алгоритма его схема разработана с использованием правил алгоритмического языка ДРАКОН¹⁷ [3] в графическом редакторе ДраконПро¹⁸. Дракон-схема алгоритма представлена на рисунке.

Исходными данными для обоснования выбора типа, марки и модели пожарного автомобиля является следующая информация:

- вид подразделения пожарной охраны (пожарная часть, отдельный пост);
- характеристика района выезда;
- количество и качественное (техническое) состояние пожарных автомобилей в подразделении.

Данная информация позволяет обосновать необходимость замены имеющегося пожарного автомобиля или доукомплектования подразделения пожарным автомобилем в соответствии с утвержденным табелем оснащённости. Табель оснащённости содержит необходимую информацию о типах пожарных автомобилей подразделения пожарной охраны.

На следующем шаге определяются основные тактико-технические характеристики, которым должен соответствовать пожарный автомобиль, планируемый к поставке в подразделение. В качестве данных характеристик могут выступать объем вывозимых огнетушащих веществ, производительность насоса, высота подъема, габаритные размеры, колёсная формула и т.д. Выбор тактико-технических характеристик может проводиться на основании анализа использования пожарных автомобилей, анализа характеристики района выезда, анкетирования должностных лиц пожарно-спасательного подразделения.

¹⁷ ДРАКОН – Дружелюбный Русский Алгоритмический язык, Который Обеспечивает Наглядность

¹⁸ <https://drakonpro.ru/app?proj=p394077&doc=bb3c3deb>

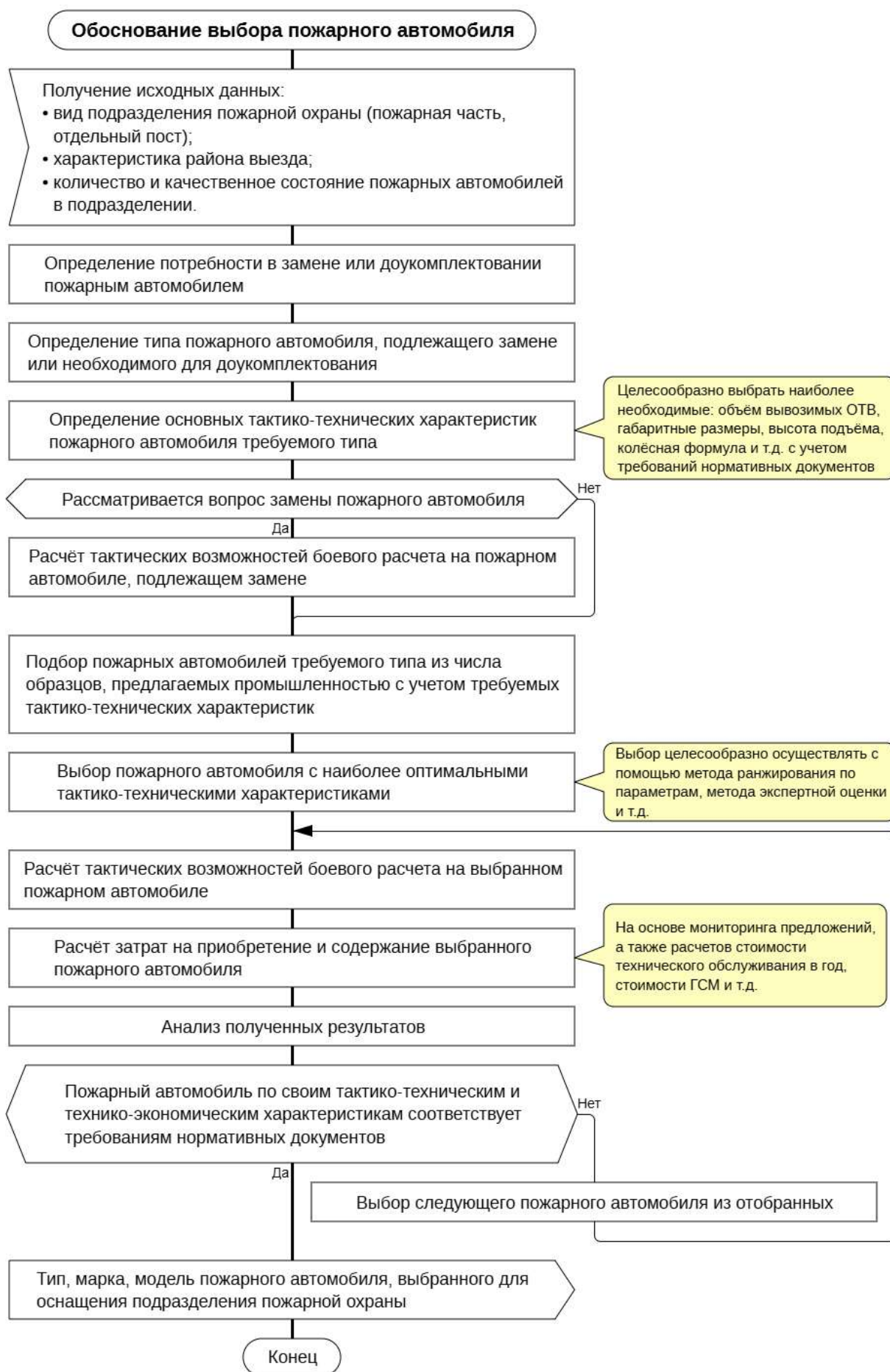


Рисунок – Дракон-схема обоснования выбора пожарного автомобиля

На этапе сбора исходных данных для анализа района выезда может формироваться цифровой паспорт района выезда, включающий: геометрические параметры территории, тип и этажность застройки, дорожные условия, статистику вызовов за последние 3 года, обеспеченность водоисточниками. Каждому параметру присваивается балльная оценка или лингвистическая переменная (например, «высокая плотность застройки»), что позволяет в дальнейшем осуществить формализованный переход к требуемым тактико-техническим характеристикам пожарного автомобиля». Таким образом, район выезда, описывается, как набор количественных и качественных показателей, объединённых в несколько групп.

В случае замены пожарного автомобиля производится расчёт тактических возможностей боевого расчёта на пожарном автомобиле, требующем замены. Для расчёта тактических возможностей подразделения целесообразно использовать учебные материалы Академии ГПС МЧС России [4] или аналогичные.

Следующий шаг предусматривает мониторинг предложений производителей пожарных автомобилей требуемого типа, с учетом унификации имеющегося парка. На данном шаге производится отбор образцов исходя из требуемых тактико-технических характеристик.

Полученные результаты целесообразно свести в единую таблицу для последующего ранжирования исходя из заявленных производителями параметров. Метод ранжирования подразумевает последовательное сравнение и оценку параметров пожарных автомобилей, отражающих основные тактико-технические характеристики. Для повышения качества выбора возможно использовать метод экспертной оценки. На основании полученных результатов выбирается модель с наивысшим приоритетом.

После выбора пожарного автомобиля производится расчёт тактических возможностей боевого расчёта на выбранном пожарном автомобиле. В случае замены пожарного автомобиля результаты расчета сводятся в сравнительную таблицу.

На следующем шаге производится расчёт затрат:

- на приобретение пожарного автомобиля;
- на приобретение топлива и смазочных материалов
- на проведение технического обслуживания.

Для проведения расчета затрат в качестве временного периода целесообразно рассмотреть один год. При этом возможно принять для расчётов иной временной период. Стоимость пожарного автомобиля определяется путем мониторинга информации в сети Интернет или запроса коммерческого предложения от производителя. Затраты на приобретение топлива рассчитываются исходя из годовой потребности в моторесурсах с учетом базового расхода топлива и смазочных материалов, а также предстоящих условий эксплуатации.

Затраты на проведение технического обслуживания принимаются в зависимости от периодичности и трудоёмкости выполнения работ, а также стоимости нормочаса для рассматриваемого региона. Для нового пожарного автомобиля стоимость текущего ремонта принимается равной нулю, так как пожарный автомобиль находится на гарантии. В случае рассмотрения замены пожарного автомобиля полученные результаты сводятся в сравнительную таблицу. В качестве данных для сравнения используются значения фактических затрат за последние три года на содержание пожарного автомобиля, планируемого к замене.

Полученные результаты анализируются и на их основе делается вывод о соответствии тактико-технических и технико-экономических характеристик пожарного автомобиля требованиям нормативной документации.

В случае отрицательного результата производится выбор следующего отобранного в порядке ранжирования пожарного автомобиля и возврат к расчёту тактических возможностей боевого расчёта на выбранном пожарном автомобиле.

Таким образом в случае положительного результата объективно и обоснованно определяется тип, марка и модель пожарного автомобиля для оснащения подразделения пожарной охраны.

В качестве направления дальнейшей работы целесообразно рассмотреть возможность проведения расчётов для нескольких выбранных пожарных автомобилей. Разработанный алгоритм может применяться в образовательном процессе и практической деятельности должностных лиц пожарно-спасательных подразделений. Вместе с тем предложенный комплексный алгоритм может выступить основой для создания специализированного программного продукта с использованием современных технологий искусственного интеллекта.

Список источников

1. Роенко, В. В. Критерии оценки вариантов переоснащения подразделений МЧС России / В. В. Роенко, Д. В. Тараканов, С. А. Шкунов // Технологии техносферной безопасности. – 2014. – № 5(57). – С. 12. – EDN TLPNER.
2. Аристархов, В. А. Поддержка принятия решения о необходимости замены пожарных автомобилей в пожарно-спасательных подразделениях / В. А. Аристархов, А. В. Рожков // Технологии техносферной безопасности. – 2021. – № 2(92). – С. 106-115. – DOI 10.25257/TTS.2021.2.92.106-115. – EDN KJJYLF.
3. Паронджанов В.Д. Алгоритмы и жизнеритмы на языке ДРАКОН. Разработка алгоритмов. Безошибочные алгоритмы. - М., 2019. - 374 с.
4. Тактические возможности подразделений пожарной охраны: учебное пособие / С.В. Тарасов, Д.Ю. Пигусов, С.А. Шкунов [и др.] – М.: Академия ГПС МЧС России, 2023 – 258 с.

УДК 614.8
ББК 68.9

Ринат Валерьевич Халиков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (rinathal@icloud.com, SPIN 2007-4793, ID: 1045928)

Василий Михайлович Климовцов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (v.klimovcov@academygps.ru, SPIN 2900-9556, ID: 344081)

Применение шагающих робототехнических платформ при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные направления внедрения шагающих роботов в деятельность пожарно-спасательных подразделений. Проведен сравнительный анализ традиционных колесных и гусеничных средств с четвероногими платформами применительно к условиям пожаротушения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Выявлены ключевые преимущества шагающих роботов: высокая проходимость в условиях завалов, возможность перемещения по лестничным маршам, адаптивность к сложному рельефу и минимальное воздействие на неустойчивые конструкции. Отдельное внимание уделено практическим сценариям применения роботов серии ANYmal и Spot для разведки пожаров, мониторинга химического заражения и доставки средств пожаротушения в труднодоступные зоны. Сформулированы технологические ограничения и предложены направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: шагающие роботы, пожаротушение, аварийно-спасательные работы, четвероногие платформы, разведка пожара, автономные системы, опасные факторы пожара.

Rinat V. Khalikov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Vasili M. Klimovtsov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Application of walking robotic platforms in fire extinguishing and emergency rescue operations

Abstract. The article discusses current trends in the integration of walking robots into fire and rescue operations. A comparative analysis of traditional wheeled and tracked vehicles versus quadruped platforms is carried out in the context of firefighting and emergency response. Key advantages of walking robots are identified: high cross-country capability in debris, stair climbing ability, adaptability to rough terrain, and minimal impact on unstable structures. Special attention is given to practical scenarios involving ANYmal and Spot series robots for fire reconnaissance, chemical hazard monitoring, and delivery of fire extinguishing agents to hard-to-reach areas. Technological limitations are outlined, and directions for further research are proposed.

Keywords: walking robots, firefighting, emergency rescue operations, quadruped platforms, fire reconnaissance, autonomous systems, fire hazards.

Современная обстановка с техногенными и природными пожарами требует применения робототехнических средств, способных функционировать в условиях, непригодных для безопасной работы человека. Задымление, высокая температура, угроза обрушения строительных конструкций и наличие взрывоопасных веществ — факторы, существенно ограничивающие возможности звеньев газодымозащитников¹.

Традиционные роботизированные установки пожаротушения на гусеничном ходу,

хорошо зарекомендовавшие себя при тушении крупных пожаров на открытых площадках и в ангарах, теряют эффективность при необходимости эвакуации людей из многоэтажных зданий, разведки путей распространения горения в лабиринтных завалах или тушении очагов в подвальных помещениях. Их проходимость ограничена габаритами препятствия.

Шагающие бионические платформы, напротив, реализуют дискретный принцип локомоции, имитирующий движения животных. Это позволяет им выбирать точки опоры на поверхности, не предназначенной для сплошного перекатывания колеса или гусеницы. В контексте пожаротушения наиболее востребованными становятся четвероногие роботы, обладающие оптимальным балансом между грузоподъемностью, устойчивостью и энергоэффективностью [1, 2].

В таблице представлены результаты сравнительной оценки применимости шагающих и традиционных платформ в типовых сценариях пожаротушения.

Таблица – Сравнение шагающих и гусеничных платформ в условиях пожара

Критерий оценки	Традиционные гусеничные платформы	Шагающие четвероногие платформы
Перемещение по лестничным маршам	Требуется спецоборудование, низкая скорость	Возможно в стандартном режиме, высокая адаптивность
Разведка в зоне обрушений	Риск опрокидывания, застревания	Высокая устойчивость за счет смены стойки
Доставка огнетушащих веществ на этажи	Не реализуется большинством моделей	Реализуется при массе полезной нагрузки до 15 кг
Работа в условиях нулевой видимости	Требуется оператор, сложность навигации	Возможна автономная навигация по лидару
Устойчивость при проливе воды	Корпуса защищены, риск потери сцепления	Требуется доработка степени защиты IP

Как видно из представленных данных, преимущество шагающих роботов наиболее ярко проявляется в условиях плотной городской застройки и внутри помещений. Коммерческие образцы, такие как Spot (Boston Dynamics) и ANYmal (ANYbotics), уже проходят апробацию в нефтегазовом секторе для инспекции факельных установок и обнаружения утечек газа. Адаптация данных технологий для нужд противопожарной службы позволит решать следующие задачи:

1. Оперативная разведка пожара. Оснащение платформы тепловизором и газоанализатором позволяет дистанционно определить температуру в очаге, наличие угарного газа и цианистых соединений, оценить категорию сложности пожара до ввода основных сил.

2. Поиск пострадавших. Шагающие роботы способны перемещаться под обрушенными плитами перекрытия (при наличии технологического зазора 0,4–0,6 м), подавать средства связи и медикаменты, фиксировать наличие сердцебиения с помощью вибрационных датчиков.

3. Локализация горения на ранней стадии. Существуют экспериментальные разработки по оснащению роботов ранцевыми установками импульсного пожаротушения. Компактность платформы позволяет доставить огнетушащий порошок или аэрозолеобразующий состав непосредственно к очагу до развития полноценного пожара [3].

Вместе с тем интеграция данных средств сопряжена с рядом технологических барьеров.

Вычислительная сложность алгоритмов адаптивной ходьбы требует размещения на борту высокопроизводительных графических ускорителей, что увеличивает энергопотребление. Время автономной работы коммерческих образцов в режиме активной ходьбы не превышает 90–120 минут, что недостаточно для ведения затяжных операций по тушению крупных пожаров класса «А» и «Б».

Кроме того, чувствительность сервоприводов и шарниров к воздействию пены низкой кратности и агрессивных сред требует пересмотра концепции корпусной защиты. В стандартной комплектации роботы серии Unitree не предназначены для работы в условиях непосредственного контакта с огнетушащими веществами. Это диктует необходимость создания специализированной модификации «пожарный робот» с герметичным исполнением.

Таким образом, применение шагающих роботов в практике пожаротушения целесообразно рассматривать как перспективное направление повышения эффективности спасательных операций. Наиболее реалистичным сценарием ближайших лет является использование легких четвероногих платформ в качестве мобильных пунктов разведки и ретрансляции данных. Ключевым условием успешной интеграции является разработка тактико-технических требований совместно с представителями Федеральной противопожарной службы и адаптация алгоритмов поведения робота под специфику динамически изменяющейся обстановки на пожаре.

Список источников

1. Kimura H., Fukuoka Y., Cohen A.H. Adaptive dynamic walking of a quadruped robot on natural ground based on biological concepts // *International Journal of Robotics Research*. — 2007. — Vol. 26, No. 5. — P. 475–490. — DOI: 10.1177/0278364907078089.
2. Nichol J.G., Palmer L.R., Singh S.P.N. System design of a quadrupedal galloping machine // *International Journal of Robotics Research*. — 2004. — Vol. 23, No. 10–11. — P. 1013–1027. — DOI: 10.1177/0278364904047391.
3. Климов К.В., Капытов Д.В., Данилов В.А., Романов А.А. Разработка конструкции компактной шагающей машины на электрических приводах для исследовательских задач // *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. — 2025. — Т. 11, № 788. — С. 23–31.

Ринат Валерьевич Халиков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (rinathal@icloud.com, SPIN 2007-4793, ID: 1045928)

Василий Михайлович Климовцов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (v.klimovcov@academygps.ru, SPIN 2900-9556, ID: 344081)

Исследование эффективности применения беспилотных летательных аппаратов для подачи огнетушащих веществ на фасады высотных зданий

Аннотация. В статье рассматривается актуальная проблема оперативной подачи огнетушащих веществ на высоты более 40 метров при тушении пожаров в высотных зданиях. Проведён анализ ограничений традиционной высотной пожарной техники. Обоснована целесообразность использования беспилотных летательных аппаратов грузового типа, оснащённых пожарными стволами. Сделаны выводы о снижении времени начала тушения в 2–3 раза. Результаты могут быть использованы для совершенствования тактики пожаротушения в условиях плотной городской застройки.

Ключевые слова: высотные здания, беспилотные летательные аппараты, подача огнетушащих веществ, пожаротушение, время развёртывания, автолестница.

Rinat V. Khalikov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Vasili M. Klimovtsov

Study on the effectiveness of unmanned aerial vehicles for supplying extinguishing agents to the facades of high-rise buildings

Abstract. The article addresses the pressing issue of rapid delivery of fire extinguishing agents to heights exceeding 40 meters during high-rise building fires. Limitations of conventional aerial firefighting equipment are analyzed. The feasibility of using cargo-type unmanned aerial vehicles equipped with fire nozzles is substantiated. Findings indicate a 2–3-fold reduction in fire suppression start time. The results can be applied to improve firefighting tactics in dense urban environments.

Keywords: high-rise buildings, unmanned aerial vehicles, fire extinguishing agent supply, firefighting, deployment time, aerial ladder.

Современные мегаполисы характеризуются интенсивным строительством высотных зданий, что обуславливает необходимость совершенствования способов пожаротушения на высотах, превышающих 40–50 метров. Анализ пожаров в высотных жилых комплексах показывает, что основным фактором, препятствующим быстрой ликвидации горения, является невозможность своевременной подачи огнетушащих веществ непосредственно в зону горения с использованием штатной высотной техники [1, 2] (рисунок 1).

Причинами этого являются:

- значительные габариты автолестниц и коленчатых подъёмников (длина более 12 м, ширина более 2,5 м);
- необходимость наличия свободной площадки для установки (не менее 25 м²);
- высокая плотность припаркованного транспорта и стилобатные части зданий;
- метеоусловия (ветровые нагрузки более 10 м/с);
- время, затрачиваемое на выдвижение и стабилизацию (до 8–10 минут).

В этой связи актуальным направлением является применение беспилотных летательных

аппаратов (БПЛА), способных нести пожарный ствол и подавать огнетушащие вещества по рукавам высокого давления непосредственно к месту горения [3–5].



а



б

Рисунок 1 – Образцы высотной техники: а – АЛ-52, б – АКП-50

Длина некоторых образцов АЛ-52 и АКП-50 может превышать 12 м а ширина более 2,5 м, что создает трудности при движении и маневрировании в городском транспортном потоке. Опыт практического применения пожарных автолестниц высотой более 32 метров показал, что данные образцы техники в 90% случаев пожаров не могут заехать во дворы по причине своих габаритов, плотной застройки и плотно припаркованных автомобилей. С учетом данных факторов время с момента прибытия на место до момента установки может превышать 25 минут. Не менее важным параметром для успешной ликвидации пожара с помощью высотной техники является так же подача огнетушащих веществ по сухотрубам к лафетному стволу. Однако, на подавляющем большинстве высотной техники для использования лафетного ствола

необходима его предварительная установка, что тоже требует дополнительно от 2 до 4 минут.

Цель настоящего исследования — сравнительная оценка времени подачи первого ствола при тушении пожаров в высотных зданиях с использованием БПЛА и традиционной высотной техники.

Для оценки эффективности применения различных средств пожаротушения необходимо рассмотреть динамику развития пожара в зависимости от этажа возникновения. С использованием расчётной методики, основанной на следующих допущениях:

- площадь этажа (квартиры) — 30 м²;
- линейная скорость распространения пламени — 0,5 м/с [6];
- скорость боевого развёртывания — 1 мин/этаж;
- средняя высота этажа — 2,7 м,

проведён расчёт времени перехода пожара на вышележащие этажи. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица – Время распространения пожара на вышележащие этажи в зависимости от этажа очага

Этаж очага пожара	Время до полного охвата этажа X+1, мин	Время до полного охвата этажа X+2, мин	Время до полного охвата этажа X+3, мин
10	2	11	33
15	0	8	21
20	0	4	16

Анализ таблицы показывает, что при возникновении пожара на этажах выше 15-го пожар практически одновременно охватывает несколько этажей. В этих условиях промедление с подачей огнетушащих веществ даже на 5–7 минут приводит к недопустимому развитию пожара по вертикали.

К основным недостаткам традиционной высотной техники следует отнести:

- невозможность проезда во внутриворонные территории (в 90 % случаев при высоте подъёма более 32 м) [7];
- необходимость предварительной установки лафетного ствола (дополнительные 2–4 мин);
- ограничения по ветровой нагрузке (более 10 м/с);
- сложность оперативного маневрирования в условиях стилобатов.

Таким образом, для высот более 40 метров применение автолестниц и коленчатых подъёмников в большинстве случаев либо невозможно, либо сопряжено с критической задержкой.

В качестве альтернативы предлагается использовать грузовые БПЛА вертолётного типа (например, S-700 Cargo или аналоги), оснащённые:

- ручным пожарным стволом с расходом до 5 л/с;
- системой дистанционного наведения;
- телескопической штангой для вскрытия остекления;
- питанием от пожарного рукава высокого давления с турбинным генератором.

Основные преимущества БПЛА: габариты, позволяющие транспортировку на автомобилях грузоподъёмностью до 3,5 т; отсутствие требований к специальной площадке; время развёртывания — 5–10 минут; возможность зависания непосредственно напротив очага;

наличие видеокамер высокого разрешения для оценки обстановки в реальном времени.

На рисунке 2 представлена схема применения БПЛА для подачи огнетушащих веществ на фасад высотного здания.

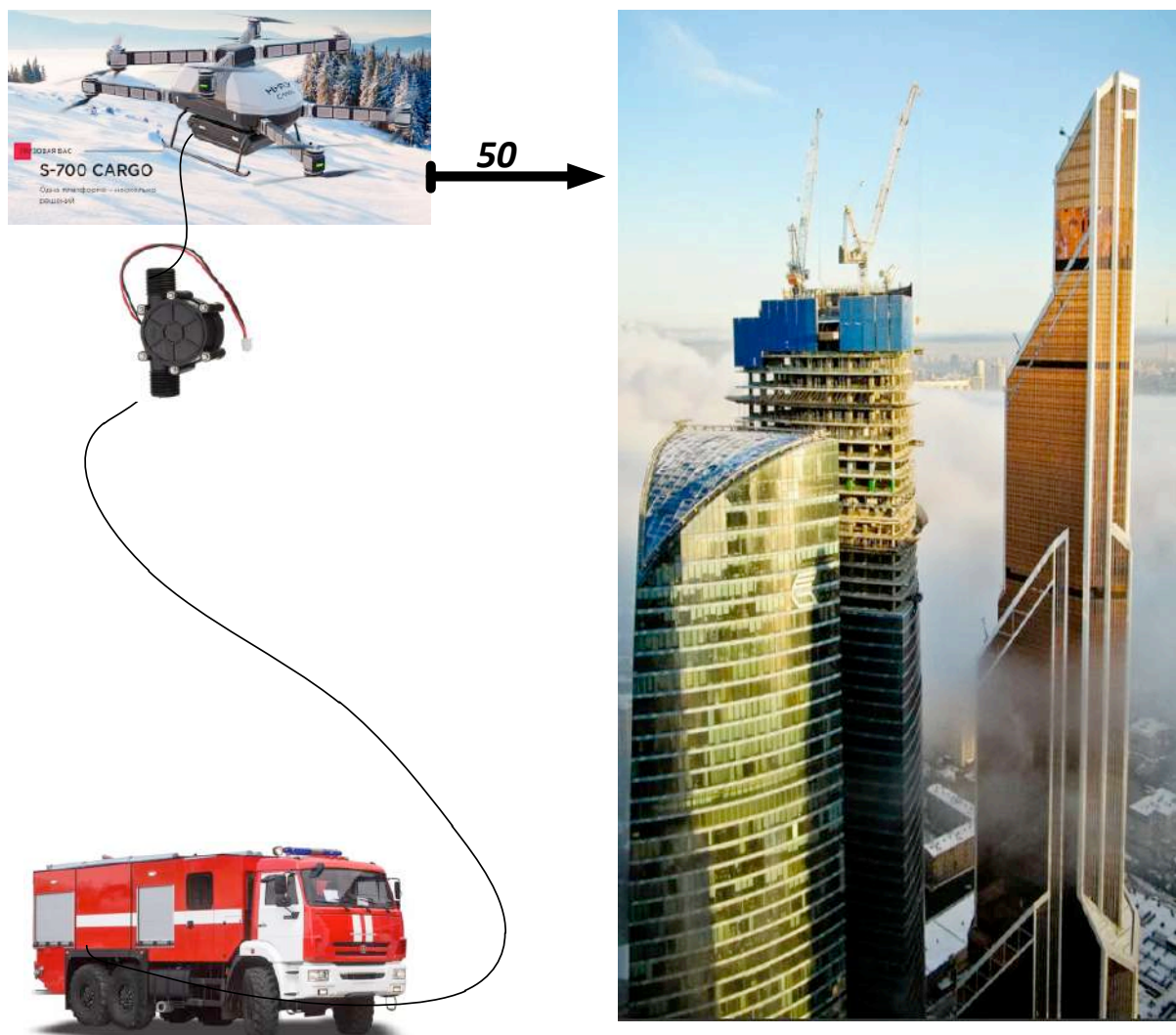


Рисунок 2 – Способ подачи огнетушащих веществ с использованием БПЛА

Введём показатель — время от момента прибытия до момента подачи первого ствола $T_{\text{подачи}}$. Для высотной техники:

$$T_{\text{пд}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{выдв}} + T_{\text{подкл}} \quad (1)$$

где:

$T_{\text{уст}}$ – время поиска места и установки на опоры (10–25 мин);

$T_{\text{выдв}}$ – время полного выдвижения комплекта колен (5–8 мин);

$T_{\text{подкл}}$ – время подключения к рукавной линии и подачи воды (2–4 мин).

Итоговое значение $T_{\text{пд}}$ для автолестниц АЛ-50/АКП-50 составляет от 17 до 37 минут.

Для БПЛА:

$$T_{\text{бпла}} = T_{\text{разв}} + T_{\text{взл}} + T_{\text{поз}} \quad (2)$$

где:

$T_{\text{разв}}$ – время извлечения и подготовки (5–7 мин);

$T_{\text{взл}}$ – время взлёта и набора высоты (0,5–1 мин);

$T_{\text{поз}}$ – время позиционирования напротив очага (0,5–2 мин).

Итоговое значение $T_{\text{бпла}}$ составляет от 6 до 10 минут.

Таким образом, применение БПЛА позволяет сократить время подачи первого ствола

в 2,8–3,7 раза.

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

- уменьшение времени с момента возникновения пожара до момента подачи первого ствола не менее чем в 2 раза (величина данного показателя будет зависеть от этажности, чем выше будет высота объекта тушения, тем больше будет конкурентное преимущество БПЛА);

- отсутствие необходимости нахождения человека вблизи фронта пламени (в подавляющем большинстве случаев при тушении пожаров с использованием лафетных стволов высотной техники, непосредственное тушение пожара осуществляет должностное лицо, находящееся в люльке);

- возможность отслеживания динамики тушения пожара в реальном времени благодаря наличию видеокамер высокой четкости в комплексе БПЛА (данное преимущество позволит оперативно оценивать обстановку на месте тушения пожара и принимать правильные решения);

- возможность управления БПЛА комплексом искусственным интеллектом, без участия человека (при оснащении БПЛА комплекса соответствующим оборудованием, возможно внедрение искусственного интеллекта в управление данным комплексом, фактически можно достичь, того, что тушение пожаров данных объектов будет происходить с минимальным участием человека).

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

Список источников

1. Смирнов В. А., Петров А. Н. Моделирование стратификации дыма в высотных зданиях при пожаре // Пожарная безопасность: проблемы и решения. — 2020. — № 4. — С. 34–47. — DOI: 10.1234/5678.
2. Корнилов А. А., Бородин А. А. Оценка времени срабатывания максимально-дифференциального теплового пожарного извещателя с адаптивным алгоритмом анализа температуры на начальной стадии пожара твердых горючих материалов // Техносферная безопасность. — 2023. — № 4(41). — С. 90–104. — EDN IEXHPG.
3. Карапузиков А. А., Дьяков М. В., Горелик А. С. и др. Целесообразность применения беспилотных авиационных систем при тушении пожаров и ликвидации аварий на объектах защиты // Техносферная безопасность. — 2021. — № 2 (31). — С. 61–67.
4. Буянов А. Н. Беспилотные летательные аппараты в системе обеспечения пожарной безопасности // Технологии гражданской безопасности. — 2020. — Т. 17. — № 2. — С. 42–47.
5. Wang Y., Li X., Zhang Z. Development of an Unmanned Aerial Vehicle System for Firefighting Applications // Journal of Intelligent & Robotic Systems. — 2020. — Vol. 97. — P. 453–468.
6. Павлов Е. В., Баранник А. Ю., Лагутина А. В., Ершов В. И. Техноко-экономическая эффективность применения робототехнического комплекса многорежимного пожаротушения в ЧС // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2023. — № 2(232). — С. 42–53. — DOI 10.18522/2311-3103-2023-2-42-53.
7. Четвериков В. М., Чурбанов Р. Р. Сравнительный статистический анализ изменения средних цен предложения жилья в административных округах г. Москвы // Вопросы статистики. — 2024. — Т. 31, № 5. — С. 41–56. — DOI 10.34023/2313-6383-2024-31-5-41-56.

Андрей Владимирович Иванов

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», Санкт-Петербург, Россия
(andrei-ivanov84@mail.ru, SPIN 9169-8325, ID: 1162211)

Максим Равильевич Сытдыков

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», Санкт-Петербург, Россия
(maxim0205@mail.ru, SPIN 7548-0539, ID: 757423)

Юлия Сергеевна Абдуллаева

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», Санкт-Петербург, Россия
(ysabdullaeva@mail.ru, SPIN 2175-2696, ID: 1188606)

Обоснование конструкции устройства порошкового пожаротушения с вытеснением огнетушащего вещества продуктами горения углеводородов

Аннотация. Существующие устройства порошкового пожаротушения обладают недостаточной дальностью подачи огнетушащего вещества, что не позволяет обеспечить безопасность личного состава при тушении пожаров углеводородов. В статье представлены результаты разработки и экспериментального обоснования новой конструкции импульсного устройства, в котором вытеснение порошка осуществляется продуктами горения самих углеводородов, а ключевым элементом, интенсифицирующим процесс, является турбулизатор изменяемой конфигурации. Предложенная конструкция позволяет доставлять огнетушащий порошок на безопасное расстояние (свыше 10 м), обладает простотой и энергонезависимостью от внешних источников сжатого газа. Полученные данные служат основой для компьютерного моделирования и создания опытно-промышленного образца.

Ключевые слова: устройство пожаротушения, огнетушащий порошок, импульсная подача, турбулизатор, продукты горения, дальность подачи, время срабатывания, гептан, граничные условия.

Andrey V. Ivanov

Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia

Maxim R. Sytdykov

Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia

Yulia S. Abdullayeva

Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia

Justification of the design of a powder fire extinguishing device with displacement of the extinguishing agent by combustion products of hydrocarbons

Abstract. Existing powder fire extinguishing devices have insufficient range of fire extinguishing agent, which does not allow to ensure the safety of personnel when extinguishing hydrocarbon fires. The article presents the results of the development and experimental substantiation of a new design of a pulse device, in which the displacement of the powder is carried out by combustion products of the hydrocarbons themselves, and the key element that intensifies the process is a variable configuration turbulizer. The proposed design allows to deliver the fire extinguishing powder to a safe distance (over 10 m), has simplicity and energy independence from external sources of compressed gas. The obtained data serve as the basis for computer modeling and the creation of a pilot-scale prototype.

Keywords: fire extinguishing device, fire extinguishing powder, impulse supply, turbulizer, combustion products, supply range, activation time, heptane, and boundary conditions.

Обеспечение безопасной дистанции тушения пожаров является одной из приоритетных задач развития пожарной техники. Анализ статистики пожаров и травматизма личного состава показывает, что наиболее опасными являются пожары углеводородов (класс В), сопровождающиеся интенсивным тепловым излучением [1, 2]. Штатные средства порошкового пожаротушения – огнетушители, модули, пожарные автомобили – обеспечивают дальность подачи струи не более 5 – 8 м, что при тепловом потоке свыше 4 – 5 кВт/м² делает работу личного состава критической по условиям теплозащиты [3, 4].

Существующие способы повышения дальности (увеличение давления, применение газогенераторов, использование длинных стволов) имеют ограничения: рост массы устройства, усложнение конструкции, необходимость периодической ревизии баллонов высокого давления [5].

Авторами предложено устройство пожаротушения, в котором используется перспективный способ вытеснения огнетушащих веществ (далее – ОТВ) – продуктами горения углеводородов [6]. Данный способ позволяет получать высокое давление непосредственно в момент пуска, используя энергию самого топлива. Однако для практической реализации требовалось решение двух задач: обеспечение стабильного воспламенения и резкого нарастания давления, а также формирование компактной струи большой дальности.

Разработанное устройство (рисунок) содержит корпус (1), разделенный эластичным разделителем (5) на две полости: полость газопаровоздушной смеси (2) и полость с огнетушащим порошком (3). В полости (2) размещены форсунка для впрыска углеводородов (4), нагревательный элемент спиралевидного типа (7) и турбулизатор с изменяемым шагом витка (9). Выходное отверстие перекрыто разрывной мембраной (6), рассчитанной на давление вскрытия 0,8 – 1,2 МПа.



Рисунок – Схема разработанного устройства пожаротушения: 1 – корпус устройства пожаротушения; 2 – полость с газопаровоздушной смесью; 3 – полость с огнетушащим порошком; 4 – форсунка для впрыска жидких углеводородов; 5 – эластичный разделитель полостей; 6 – разрывная мембрана; 7 – нагревательный элемент спиралевидного типа; 8 – источник питания; 9 – турбулизатор

Принцип действия устройства: после впрыска жидкого углеводорода и его испарения подается напряжение на спираль; происходит воспламенение смеси; фронт пламени, проходя через витки турбулизатора, многократно дробится и турбулизуется, что интенсифицирует тепло- и массообмен; скорость горения и скорость нарастания давления резко возрастают; разделитель деформируется, вытесняя порошок; мембрана вскрывается – происходит импульсный выброс ОТВ.

Ввиду отсутствия на данном этапе полномасштабного образца, изготовлен макет устройства из термостойкого боросиликатного стекла, позволяющий проводить видеофиксацию процесса вытеснения ОТВ. Для проведения экспериментальных исследований приняты следующие допущения:

- форсунка заменена ручным впрыском микродозатором;
- перемешивающее устройство исключено (время выдержки обеспечивает естественную конвекцию и диффузию);
- в качестве нагревателя использована нихромовая нить мощностью 150 – 500 Вт.

На начальном этапе на действующем макете экспериментального устройства пожаротушения с вытеснением ОТВ продуктами горения углеводородов проведен

эксперимент по определению времени срабатывания устройства, который проводился в помещении с температурой окружающей среды +25°C, скорость ветра не превышала 2 м/с, атмосферном давлении 760 мм. рт. ст., влажности воздуха – 95%.

Порядок проведения эксперимента состоял из нескольких этапов:

1) В полость устройства пожаротушения при помощи микродозатора через герметичный технологический порт в донной части макета производился впрыск жидких углеводородов в количестве, необходимом для создания стехиометрической концентрации, определенной расчетным путем исходя из объема полости 2.

2) При помощи секундомера производился замер времени подготовки устройства к действию в пределах 25 – 70 сек.

3) По истечении времени подготовки устройства к действию производилась подача напряжения пуска на нагревательный элемент спиралевидного типа в пределах 100 – 220 В. Регистрация времени срабатывания устройства осуществлялась по показаниям поверенного секундомера с классом точности 1,5.

4) Для определения рабочих параметров устройства эксперимент проводился с использованием двух вытесняющих веществ (жидких углеводородов) – гептана (C_7H_{16}) и гексана (C_6H_{14}).

В таблицах 1 и 2 представлены результаты экспериментального исследования.

Таблица 1 – Изменение времени срабатывания устройства от времени подготовки устройства к действию (вытесняющее вещество гептан)

№ п/п	Время подготовки устройства к действию, сек	Напряжение пуска					
		100 В	125 В	150 В	175 В	200 В	220 В
		Время срабатывания устройства, сек					
1	25	1,57	1,24	1,04	0,58	0,41	0,35
2	30	1,45	0,97	0,89	0,40	0,38	0,34
3	35	1,38	0,86	0,58	0,41	0,36	0,32
4	40	1,18	0,52	0,40	0,38	0,35	0,28
5	45	1,20	0,54	0,41	0,36	0,35	0,31
6	50	1,17	0,45	0,38	0,35	0,34	0,32
7	55	1,15	0,43	0,37	0,33	0,32	0,27
8	60	1,13	0,38	0,34	0,30	0,28	0,23
9	65	1,15	0,41	0,37	0,31	0,31	0,28
10	70	1,17	0,42	0,37	0,33	0,32	0,29

Таблица 2 – Изменение времени срабатывания устройства от времени подготовки устройства к действию (вытесняющее вещество гексан)

№ п/п	Время подготовки устройства к действию, сек	Напряжение пуска					
		100 В	125 В	150 В	175 В	200 В	220 В
		Время срабатывания устройства, сек					
1	25	2,31	1,57	1,05	0,94	0,92	0,83
2	30	2,25	1,52	1,00	0,88	0,89	0,82
3	35	2,20	1,46	0,94	0,91	0,88	0,78
4	40	2,12	1,37	0,88	0,88	0,85	0,76
5	45	2,13	1,38	0,88	0,85	0,78	0,72
6	50	2,06	1,39	0,91	0,78	0,76	0,70
7	55	2,04	1,36	0,88	0,76	0,72	0,63
8	60	1,99	1,34	0,85	0,72	0,70	0,58
9	65	2,02	1,36	0,87	0,75	0,72	0,62
10	70	2,05	1,36	0,87	0,77	0,75	0,64

Экспериментальные данные (табл. 1, 2) позволяют сделать следующие выводы:

1. Зависимость от времени подготовки. При всех значениях напряжения наблюдается экспоненциальное снижение времени срабатывания с ростом времени подготовки устройства к действию (далее – $t_{\text{подг}}$) до 60 с. Дальнейшее увеличение $t_{\text{подг}}$ (65 – 70 с) не приводит к улучшению, а в ряде случаев – к незначительному росту времени срабатывания (вероятно, из-за частичной стратификации смеси).

2. Зависимость от напряжения пуска. Повышение напряжения с 100 до 220 В сокращает время срабатывания в 4 – 6 раз. Это связано с ростом температуры нити, сокращением времени индукции и более энергичным инициированием.

3. Влияние типа горючего. Гептан обеспечивает меньшее время срабатывания по сравнению с гексаном (в среднем на 30 – 40%). Причина – более высокая упругость паров и более широкая область воспламенения.

4. Оптимальные параметры: $t_{\text{подг}} = 60$ с, напряжение пуска = 220 В, горючее – гептан. Минимальное зафиксированное время срабатывания – 0,23 с.

5. Полученные зависимости являются основой для задания граничных условий при численном моделировании (начальная температура, концентрация, скорость нарастания давления).

Далее проведено экспериментальное исследование влияния угла наклона устройства пожаротушения к горизонту на дальность подачи ОТВ. На начальном этапе эксперимент проводился без турбулизатора. Объектом исследования являлись газодинамические процессы, протекающие в корпусе устройства пожаротушения с вытеснением ОТВ продуктами горения углеводородов. Порядок проведения эксперимента, следующий:

1) Перпендикулярно центральной оси линии дорожки располагалась мерная рулетка длиной 10 м. В момент испытаний скорость ветра не превышала 2 м/с.

2) Оператор направлял устройство на высоте 15 см от поверхности земли, под углами 0° – 40° , производил пуск электрического напряжения на нагревательный элемент и происходила подача ОТВ из устройства с массой навески 0,1 и 0,2 кг.

3) После окончания цикла испытания, проводили замеры дальности подачи ОТВ. При этом, для получения более точных данных по дальности, экспериментальные испытания проводились по 10 опытов для разных углов наклона установки (0° , 15° , 30° и 40°). После проведенных экспериментальных испытаний рассчитаны показатели среднего значения дальности подачи ОТВ без использования турбулизатора, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Изменение значения дальности подачи ОТВ от угла наклона устройства пожаротушения (без турбулизатора)

Угол наклона устройства, град	Масса ОТВ, кг	Дальность подачи ОТВ, м
0	0,1	1,43
15		2,18
30		1,13
40		0,64
0	0,2	0,99
15		1,77
30		1,22
40		0,54

Полученные данные показывают, что без турбулизатора поток газопорошкового конгломерата имеет слабоорганизованную структуру, быстро теряет скорость из-за сопротивления воздуха и внутреннего трения. Увеличение массы порошка при фиксированном объеме газогенерации ведет к неполному вытеснению ОТВ – энергии продуктов горения недостаточно для сообщения высокой скорости всей массе.

На следующем этапе внутрь корпуса устройства помещен спиральный турбулизатор, изготовленный из стальной нержавеющей проволоки, длиной 500 мм, толщиной 2,5 мм и диаметром витков 30 мм. Шаг витков изменялся в пределах 20 – 60 мм путем механического растяжения/сжатия спирали на оправке. Остальные операции были такими же, как и при проведении экспериментов без турбулизатора. Показатели среднего значения дальности подачи ОТВ с использованием турбулизатора представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Изменение значения дальности подачи ОТВ от угла наклона устройства пожаротушения (с турбулизатором)

Угол наклона устройства, град	Масса ОТВ, кг	Дальность подачи ОТВ, м		
		Шаг витков турбулизатора, см		
		2	4	6
0	0,1	5,25	5,48	4,25
15		5,52	5,72	4,52
30		6,88	7,88	6,48
40		10,31	10,83	9,31
0	0,2	4,29	4,38	3,85
15		4,52	4,72	4,23
30		7,05	7,27	6,03
40		9,86	10,10	8,86

Проведенные экспериментальные исследования с применением турбулизатора показали:

1. Рост дальности в 4 – 5 раз. При оптимальных параметрах (шаг 4 см, угол 40°, масса 0,1 кг) дальность достигла 10,83 м. Для массы 0,2 кг максимальная дальность составила 10,10 м.
2. Формирование баллистической струи. Визуально наблюдался переход от размытого факела к компактному сгустку порошка, движущемуся по настильной траектории.
3. Полное использование ОТВ. При шаге 2 и 4 см остаток порошка в полости отсутствовал (0%). Это свидетельствует о более полном сгорании смеси и эффективной передаче импульса.
4. Оптимальный шаг витка. Наилучшие результаты показал турбулизатор с шагом 4 см. Шаг 2 см дает чуть меньшую дальность (возможно, из-за избыточных потерь на трение), шаг 6 см – недостаточно эффективен, хотя и превосходит вариант без турбулизатора.
5. Влияние угла наклона. В отличие от конфигурации без турбулизатора, максимальная дальность достигается при углах 30° – 40°. Это объясняется тем, что закрученный поток дольше сохраняет кинетическую энергию и менее подвержен гравитационному коллапсу.

В таблице 5 представлены оптимальные режимы работы устройства порошкового пожаротушения.

Таблица 5 – Оптимальные режимы работы устройства пожаротушения

Параметр	Без турбулизатора	С турбулизатором
Оптимальный угол наклона	15°	30° - 40°
Оптимальная масса ОТВ	0,1 кг	0,1 кг или 0,2 кг (0,1 кг легче, 0,2 кг дает большую массу доставляемого ОТВ)
Максимальная дальность подачи ОТВ	~2,2 м	~10,5 м
Устойчивость струи	Низкая/средняя	Очень высокая
Рекомендуемое применение	Тушение локальных очагов, розливов	Тушение интенсивных пожаров на средних и

	легковоспламеняющихся и горючих жидкостей на близком расстоянии.	дальних дистанциях, где требуется точная и кучная доставка большого количества ОТВ.

В результате проведенного исследования разработана новая конструкция импульсного устройства порошкового пожаротушения, в котором вытеснение ОТВ осуществляется продуктами горения углеводородов, инициируемыми электрическим нагревом. Ключевым элементом, обеспечивающим резкий рост давления, является турбулизатор изменяемой конфигурации. Экспериментально установлено:

- время срабатывания устройства имеет экспоненциальную зависимость от времени подготовки к действию;
- оптимальные параметры для минимального времени срабатывания: гептан, время подготовки 60 с, напряжение пуска 220 В (время срабатывания 0,23 с);
- применение турбулизатора увеличивает дальность подачи ОТВ в 4 – 5 раз;
- максимальная дальность подачи (10,8 – 11,0 м) достигается при шаге витка турбулизатора 4 см и угле наклона устройства 40°.

Обосновано полное использование ОТВ (0% остатка) при работе с турбулизатором, что повышает эффективность применения порошка и снижает необходимость в дозарядке.

Полученные экспериментальные данные (временные характеристики, дальностные характеристики, зависимости от геометрии турбулизатора) являются репрезентативной базой для задания граничных условий при компьютерном моделировании газодинамических процессов в устройствах данного типа.

Практическая значимость. Предложенное устройство позволяет обеспечить доставку огнетушащего порошка на безопасное для личного состава расстояние, обладает простотой конструкции, не требует баллонов высокого давления и может быть реализовано в переносном и возимом исполнении.

Список источников

1. Сытдыков М.Р., Кожевин Д.Ф., Иванов А.В. Оценка способов вытеснения огнетушащих веществ из средств пожаротушения, предназначенных для тушения углеводородов // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2022. – № 2(62). – С. 154–163.
2. Кицак А.И. Эффективность тушения пожара струйными системами порошкового пожаротушения в условиях нестационарности процессов теплообмена // Пожаровзрывобезопасность. – 2020. – Т. 29, № 5. – С. 89–99.
3. Zhang L., Feng Ya., Wu S., Jia H. Numerical Study of the Effect of Primary Nozzle Geometry on Supersonic Gas-Solid Jet of Bypass Injected Dry Powder Fire Extinguishing Device // Fire. – 2024. – Vol. 7, No. 2. – P. 45.
4. Журов М.М., Короткевич С.Г., Бусел М.О. и др. Разработка конструкции устройства пожаротушения порошковыми составами // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2023. – № 1(53). – С. 62–69.
5. Шилов А.Г. Методика тушения пожаров мобильной установкой пожаротушения с вытеснением огнетушащего вещества газопоршневым способом: дис. ... канд. техн. наук. – 2024. – 202 с.
6. Иванов А.В., Сытдыков М.Р., Кожевин Д.Ф. и др. Устройство пожаротушения с вытеснением огнетушащего вещества продуктами сгорания углеводородов: заявка на патент № 2025105774 (РФ). – 2025.

УДК 614.8
ББК 68.9

Максим Равильевич Сытдыков

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», Санкт-Петербург, Россия
(maxim0205@mail.ru, SPIN 7548-0539, ID: 757423)

Александр Геннадьевич Шилов

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», Санкт-Петербург, Россия
(shilov@igps.ru, SPIN 9775-0258, ID: 832050)

Никита Михайлович Сильников

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России», Санкт-Петербург, Россия
(silnik@bk.ru, SPIN 9387-7550, ID: 748169)

Создание инновационной мобильной универсальной установки пожаротушения

Аннотация. В статье рассматривается актуальность разработки и внедрения новой установки пожаротушения с экономической точки зрения. Обосновывается необходимость создания инновационной установки, способной эффективно и быстро ликвидировать возгорания, минимизируя при этом экономический ущерб. Разработан алгоритм расчета, позволяющий оценить экономическую целесообразность проекта на различных этапах.

Ключевые слова: пожаротушение, экономическая целесообразность, математическая модель, затраты, алгоритм расчета, предотвращение ущерба, универсальная установка пожаротушения

Maxim R. Sytdykov

Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia

Alexander G. Shilov

Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia

Nikita M. Silnikov

Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russia

Creation of an innovative mobile universal fire extinguishing system

Abstract. The article discusses the relevance of the development and implementation of a new fire extinguishing system from an economic point of view. The necessity of creating an innovative installation capable of efficiently and quickly eliminating fires, while minimizing economic damage, is substantiated. A calculation algorithm has been developed to assess the economic feasibility of the project at various stages.

Keywords: fire extinguishing, economic feasibility, mathematical model, costs, calculation algorithm, damage prevention, universal fire extinguishing system

Согласно статистическим данным [1] ежегодно пожары наносят колоссальный экономический ущерб, приводят к потере имущества, остановке производства, а в худших случаях – к человеческим жертвам. Традиционные системы пожаротушения, несмотря на свою распространенность, обладают рядом ограничений, включая время срабатывания, эффективность в сложных условиях и потенциальный вторичный ущерб от применяемых огнетушащих веществ (далее – ОТВ). В связи с этим, разработка и внедрение инновационных мобильных универсальных установок пожаротушения (далее – МУУПТ) [2-4], обладающих улучшенными характеристиками, представляется крайне актуальной задачей.

Существующие технические средства пожаротушения обладают рядом существенных недостатков:

- ограниченная эффективность при тушении пожаров различных классов (А, В, С, Е);
- значительное время разворачивания и начала подачи огнетушащих веществ;
- высокий уровень вторичного ущерба от применяемых средств тушения;
- недостаточная мобильность и универсальность применения.

В этой связи разработка МУУПТ, способной эффективно ликвидировать возгорания на объектах нефтепереработки и нефтехранилищ с применением различных типов ОТВ, представляет актуальную научно-практическую задачу.

Таким образом, целью работы является экономическое обоснование целесообразности создания и внедрения инновационной мобильной универсальной установки пожаротушения на основе комплексного анализа затрат и ожидаемых выгод, состоящее из следующих составляющих:

- систематизации факторов, определяющих необходимость разработки инновационной установки пожаротушения;
- разработки математического аппарата для расчета затрат на всех этапах жизненного цикла установки;
- создании алгоритма оценки экономической эффективности проекта;
- сравнительного анализа стоимости разрабатываемой установки с существующими образцами пожарной техники;
- определении экономических показателей проекта внедрения МУУПТ.

Необходимость разработки инновационной МУУПТ основывается на факторах, включающих экономические (прямой материальный ущерб от уничтожения имущества и оборудования, издержки, связанные с остановкой производственных процессов, упущенную прибыль вследствие простоя предприятий, затраты на восстановительные работы, репутационные потери и нарушение логистических цепочек), технологические (усложнение производственных процессов и повышение концентрации материальных ценностей на современных промышленных объектах требует применения более совершенных систем противопожарной защиты) и нормативно-правовые (ужесточение требований нормативной документации в области пожарной безопасности, а также необходимость соответствия международным стандартам создают предпосылки для внедрения инновационных технических решений) аспекты.

Математическая модель расчета затрат состоит из:

- затраты на стадии разработки ($Z_{\text{разр}}$), включающие финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проектирование, создание опытных образцов, проведение испытаний и сертификационные процедуры. Данная категория представляет собой разовые инвестиции на начальной стадии проекта:

$$Z_{\text{разр}} = Z_{\text{НИОКР}} + Z_{\text{проект}} + Z_{\text{протот}} + Z_{\text{испыт}} + Z_{\text{серт}}; \quad (1)$$

- производственные затраты ($Z_{\text{произ}}$), включающие прямые производственные издержки ($Z_{\text{пр}}$) и косвенные производственные издержки ($Z_{\text{кос}}$), определяющие по формуле:

$$Z_{\text{произ}} = N_{\text{уст}} \cdot (C_{\text{мат}} + C_{\text{компл}} + C_{\text{труд}} + C_{\text{аморт}} + C_{\text{накл}}), \quad (2)$$

где:

$C_{\text{мат}}$ – стоимость материалов на одну установку;

$C_{\text{компл}}$ – стоимость комплектующих на одну установку;

$C_{\text{труд}}$ – затраты на оплату труда производственного персонала на одну установку;

$C_{\text{аморт}}$ – амортизационные отчисления на оборудование, приходящиеся на одну установку;

$C_{\text{накл}}$ – накладные расходы, приходящиеся на одну установку;

- затраты на внедрение ($Z_{\text{внедр}}$), определяющие по формуле:

$$Z_{\text{внедр}} = N_{\text{уст}} \cdot (C_{\text{дост}} + C_{\text{монт}} + C_{\text{ПНР}} + C_{\text{обуч}} + C_{\text{интегр}}), \quad (3)$$

где:

$C_{\text{дост}}$ – стоимость доставки одной установки;

$C_{\text{монт}}$ – стоимость монтажа одной установки;
 $C_{\text{пнр}}$ – стоимость пуско-наладочных работ на одну установку;
 $C_{\text{обуч}}$ – стоимость обучения персонала для работы с одной установкой;
 $C_{\text{интегр}}$ – затраты на интеграцию одной установки в существующую инфраструктуру;
 - эксплуатационные затраты ($Z_{\text{экспл}}$), определяющие по формуле:

$$Z_{\text{экспл. год}} = N_{\text{уст}} \cdot (C_{\text{то}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{расх}} + C_{\text{энерг}}), \quad (4)$$

где:

$C_{\text{то}}$ – стоимость технического обслуживания одной установки в год;
 $C_{\text{рем}}$ – затраты на ремонт одной установки в год (среднегодовые);
 $C_{\text{расх}}$ – стоимость расходных материалов на одну установку в год;
 $C_{\text{энерг}}$ – затраты на электроэнергию для одной установки в год.

Суммарные затраты за расчетный период эксплуатации T лет, определяются по формуле:

$$Z_{\text{общ}} = Z_{\text{разр}} + Z_{\text{произ}} + Z_{\text{внедр}} + \sum_{t=1}^T Z_{\text{экспл. год}}, \quad (5)$$

где:

T – расчетный период эксплуатации установки в годах.

Алгоритм оценки экономической эффективности включает следующие этапы:

Этап 1. Определение вероятности возникновения пожара ($P_{\text{пож}}$) на рассматриваемом типе объектов на основе статистического анализа и экспертных оценок пожарной опасности.

Этап 2. Оценка величины потенциального ущерба ($Y_{\text{пож}}$) при отсутствии эффективных средств пожаротушения, включая прямые и косвенные потери.

Этап 3. Расчет математического ожидания годового ущерба:

$$Y_{\text{ожид}} = P_{\text{пож}} \cdot Y_{\text{пож}}. \quad (6)$$

Этап 4. Определение снижения ущерба ($\Delta Y_{\text{пож}}$) при использовании разрабатываемой установки на основе технических характеристик и экспертных оценок.

Этап 5. Расчет снижения ожидаемого годового ущерба:

$$\Delta Y_{\text{ожид}} = Y_{\text{ожид}} - (Y_{\text{пож}} - \Delta Y_{\text{пож}}). \quad (7)$$

Этап 6. Определение суммарных затрат ($Z_{\text{общ}}$) по формуле (5).

Этап 7. Сопоставление предотвращенного ущерба за период T лет с общими затратами:

$$\text{Эффект} = \Delta Y_{\text{ожид}} \cdot T - Z_{\text{общ}}. \quad (8)$$

Этап 8. При необходимости учета временной стоимости денег – расчет чистого дисконтированного дохода.

Проект признается экономически обоснованным при выполнении условия:

$$\Delta Y_{\text{ожид}} \cdot T > Z_{\text{общ}} \text{ (или } NVP > 0),$$

где:

NVP – чистая приведенная стоимость.

Степень экономической привлекательности определяется величиной превышения предотвращенного ущерба над затратами.

Разрабатываемая установка [2, 3, 5] представляет собой систему пожаротушения, размещенную в стандартизированном контейнере типа 1СС (рисунок), что обеспечивает:

- транспортировку любыми видами транспорта;
- быстрое развертывание на месте пожара;
- возможность применения различных типов огнетушащих веществ;
- оперативную перезарядку после использования.

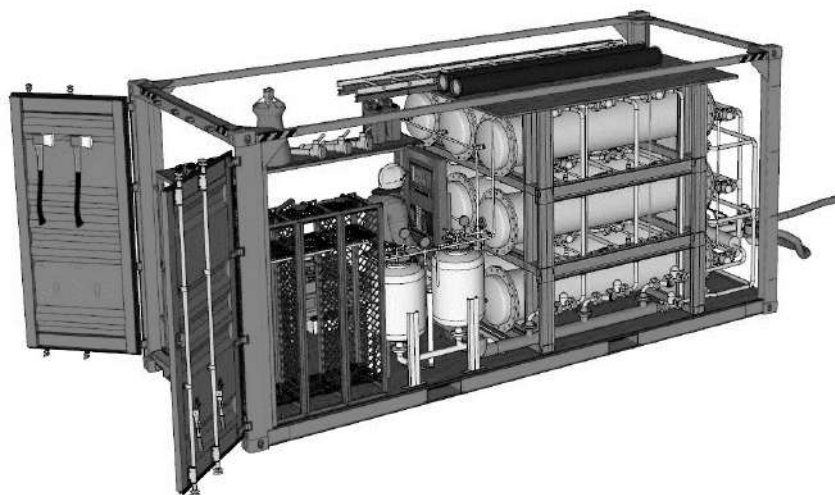


Рисунок – Вариант размещения МУУПТ внутри контейнера типа 1СС

Основные тактико-технические характеристики МУУПТ и варианты исполнения сосудов для хранения ОТВ в контейнере типа 1СС рассмотрены и представлены в работе [6].

Таким образом, МУУПТ представляет установку пожаротушения, заключенную в оболочку в виде контейнера типа 1СС, с возможностью применения различных видов ОТВ (вода, пена, порошок, углекислый газ) за счет сосудов для их хранения, а также перезарядки ОТВ после их использования. Данную установку за счет применения стандартизированного контейнера возможно транспортировать любым видом транспорта, приспособленного для транспортировки контейнеров.

Расчетные данные по экономической целесообразности внедрения МУУПТ представлены в таблице.

Таблица – Сводные данные экономического расчета

№	Показатель	Значение
1	Общие затраты ($Z_{\text{общ}}$), млн. руб.	48,00
2	Снижение ущерба в год ($\Delta U_{\text{ожид}}$), млн. руб./год	5,25
3	Выгода за 10 лет, млн. руб.	52,50
4	Чистая выгода, тыс. руб.	4,50
5	Срок окупаемости, лет	9,14
6	Рентабельность, %	9,4
7	Коэффициент эффективности	1,09

Полученные расчетные данные свидетельствуют об экономической обоснованности проекта:

- положительный чистый эффект (4,50 млн. руб.) указывает на превышение выгод над затратами за расчетный период;
- срок окупаемости менее 10 лет является приемлемым для проектов в сфере промышленной безопасности;
- коэффициент эффективности больше единицы (1,09) подтверждает целесообразность реализации проекта;
- годовое снижение ущерба в размере 5,25 млн. руб. демонстрирует существенный профилактический эффект от внедрения установки.

Преимущества внедрения МУУПТ состоят из экономических (сокращение прямых материальных потерь от пожаров, минимизация простоя производственных объектов, снижение затрат на восстановительные работы, уменьшение страховых премий,

предотвращение упущенной выгоды), технических (универсальность применения для пожаров классов А, В, С, Е, высокая скорость развертывания и начала тушения, возможность оперативной транспортировки к месту возгорания, применение различных типов огнетушащих веществ, минимизация вторичного ущерба) и организационных (повышение уровня пожарной безопасности объектов, соответствие современным нормативным требованиям, улучшение условий труда персонала, снижение рисков травматизма и гибели людей, повышение конкурентоспособности предприятий).

Таким образом, обоснована актуальность разработки инновационной МУУПТ с позиций экономической целесообразности и технической необходимости; разработан комплексный математический аппарат для расчета затрат на всех стадиях жизненного цикла установки, включающий затраты на разработку, производство, внедрение и эксплуатацию; Предложен алгоритм оценки экономической эффективности проекта, основанный на сопоставлении затрат с предотвращенным ущербом от пожаров.

Показано, что реализация проекта создания МУУПТ является экономически обоснованной и способствует повышению уровня пожарной безопасности промышленных объектов при одновременном достижении положительного экономического эффекта.

Список источников

1. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (2013–2024 гг.) // Ростехнадзор: сайт. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ (дата обращения: 03.02.2026).
2. Патент на полезную модель № 195837 U1 Российская Федерация, МПК А62С 13/00. универсальная установка пожаротушения : № 2019130908 : заявл. 30.09.2019 : опубл. 06.02.2020 / Д. Ф. Кожевин, А. С. Поляков, М. Р. Сытдыков, А. Г. Шилов. – EDN WMYAZE.
3. Шилов, А. Г. Требования к макету экспериментальной универсальной установки пожаротушения с вытеснением огнетушащего вещества газопоршневым способом / А. Г. Шилов // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2022. – № 1(61). – С. 171-180. – EDN BTNTRN.
4. Шилов, А. Г. Методика тушения пожаров мобильной установкой пожаротушения с вытеснением огнетушащего вещества газопоршневым способом : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шилов Александр Геннадьевич, 2024. – 202 с. – EDN GXWNOU.
5. Сытдыков, М. Р. Оценка эффективности мобильной универсальной установки пожаротушения на основе результатов моделирования / М. Р. Сытдыков, А. Г. Шилов, А. Ю. Лебедев // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2025. – № 2(74). – С. 139-152. – DOI 10.61260/1998-8990-2025-2-139-152. – EDN DEYDNF.
6. Сытдыков, М. Р. Создание инновационной мобильной универсальной установки пожаротушения: экономическая целесообразность, комплексный анализ затрат и преимуществ / М. Р. Сытдыков, А. Г. Шилов, А. С. Крутолапов // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2025. – № 4(76). – С. 171-181. – DOI 10.61260/1998-8990-2025-4-171-181. – EDN OSLNPK.

УДК 614.8
ББК 68.9

Ринат Валерьевич Халиков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (rinathal@icloud.com, SPIN 2007-4793, ID: 1045928)

Владимир Васильевич Роенко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (pироemail@bk.ru, SPIN 9241-7330, ID: 810145)

Использование температурно-активированной воды для доставки комплексных ингибиторов в зону горения

Аннотация. В публикации предложен метод доставки комплексных ингибиторов горения с использованием температурно-активированной воды. Комплексные ингибирующие вещества являются эффективными агентами тушения, обладающими синергетическим эффектом. При таком использовании минимальная гасящая концентрация, по сравнению с использованием каждого в отдельности, уменьшается не менее чем в 2 раза. Это повышает экономическую эффективность использования ингибиторов и расширяет границы их применения.

Ключевые слова: ингибиторы горения, температурная активация, доставка воды, тушение пожара, фазовый переход.

Rinat V. Khalikov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Vladimir V. Roenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Use of temperature-activated water for the delivery of complex inhibitors to the combustion zone

Abstract. The publication proposes a method for delivering complex combustion inhibitors using temperature-activated water. Complex inhibiting agents are effective fire-extinguishing agents with a synergistic effect. In such application, the minimum extinguishing concentration, compared to the use of each separately, decreases by at least 2 times. This increases the economic efficiency of inhibitor use and expands the boundaries of their application.

Keywords: combustion inhibitors, temperature activation, water delivery, fire extinguishing, phase transition.

Современные системы объемного пожаротушения предъявляют высокие требования к эффективности, скорости действия и минимизации вторичного ущерба. Температурно-активированная вода (далее – ТАВ), представляющая собой гетерогенную струю перегретой воды (160–200 °С), переходящей в состояние тонкодисперсного аэрозоля при резком сбросе давления, занимает ведущее место среди подобных технологий [1–4]. Ее преимущество заключается в комбинированном механизме воздействия: интенсивное охлаждение за счет высокой удельной поверхности капель сочетается с объемным заполнением помещения парогазовой средой. Однако, как показывают исследования, максимальная эффективность достигается при совмещении физического охлаждения с химическим ингибированием цепных реакций горения [5–8].

Актуальной задачей является усиление огнетушащего потенциала ТАВ путем введения в нее растворимых солей-ингибиторов. В то время как эффективность отдельных ингибиторов (карбонатов, ацетатов, сульфатов, галогенидов) изучена достаточно хорошо, область

синергетического или антагонистического взаимодействия в многокомпонентных водных композициях остается малоисследованной [9–12]. Отсутствие теоретической и экспериментальной базы для прогнозирования свойств таких комплексов сдерживает разработку новых высокоэффективных огнетушащих составов.

Целью данной работы являлось исследование влияния комбинаций водорастворимых ингибиторов на огнетушащую эффективность ТАВ методом математического моделирования, установление наличия синергетических или антагонистических эффектов и определение оптимальных эффективных концентраций.

Основу теоретического анализа составила теория разветвленно-цепных процессов (РЦП) горения Н.Н. Семенова [13]. Горение рассмотрено как последовательность элементарных стадий с участием активных центров (свободных радикалов). Ключевыми для понимания ингибирования являются стадии разветвления (экспоненциальный рост числа радикалов) и обрыва цепей. Введение ингибитора (InH) добавляет в систему конкурентные реакции квазимолекулярного обрыва с участием активных радикалов ($R\bullet$).

Образовавшийся радикал ингибитора $In\bullet$ обладает низкой реакционной способностью в продолжении цепей, что приводит к эффективному снижению концентрации активных центров ниже критического уровня, необходимого для поддержания пламени [5, 8, 14]. Эффективность ингибитора определяется селективностью и скоростью его взаимодействия с ключевыми радикалами пламени ($H\bullet$, $O\bullet$, $OH\bullet$).

Синергетический эффект в комплексном ингибиторе возникает, когда компоненты воздействуют на разные стадии РЦП или на различные типы активных радикалов, приводя к суммарному ингибирующему действию, превышающему аддитивный вклад каждого [10, 15]. Антагонистический эффект (взаимное подавление) может быть связан с химическим взаимодействием компонентов между собой с образованием менее активных соединений, конкуренцией за один тип радикала или изменением физических свойств раствора (вязкость, поверхностное натяжение), ухудшающих диспергирование и испарение.

Моделирование проведено в среде Fire Dynamics Simulator (FDS) версии 6.7. Для описания химической кинетики ингибирования использовался упрощенный механизм, основанный на глобальных скоростях реакций обрыва цепей, параметры которых калибровались по экспериментальным данным для индивидуальных солей. Моделировалась камера объемом 8 м³ (2×2×2 м) с очагом пожара класса 5В (бензин) по ГОСТ Р 51057-2001. Распределение температуры, концентраций кислорода и радикалов контролировалось сеткой датчиков. Генерация ТАВ задавалась через форсунку с дисперсностью капель (медианный диаметр ~3.2 мкм) и расходом 5 г/с, что соответствует реальным параметрам установок ТАВ [4, 16].

Валидация модели проводилась путем сопоставления результатов моделирования времени тушения и динамики температуры с натурными экспериментами для четырех индивидуальных ингибиторов: 15% K_2CO_3 , 25% CH_3COOK , 15% $(NH_4)_2SO_4$, 15% $MgCl_2$. После подтверждения адекватности модели (расхождение <5%) проведена серия расчетов для двух бинарных смесей:

1. Сульфат аммония (SA) + хлорид магния (MC) в массовом соотношении 1:1.
2. Карбонат калия (PC) + ацетат калия (PA) в массовом соотношении 1:1.

Для каждой смеси исследован диапазон концентраций от 2.5% до 25%. Эффективная концентрация определялась как точка на кривой «время тушения – концентрация», соответствующая минимуму времени тушения (максимуму эффективности) при условии полного подавления пламени.

Результаты моделирования для индивидуальных ингибиторов показали хорошую сходимость с экспериментальными данными (Таблица 1). Наибольшей эффективностью (минимальное время тушения $\Delta t = 20.6$ с) обладал 25% раствор ацетата калия, что согласуется с его известной высокой способностью генерировать радикалы $CH_3COO\bullet$, эффективно обрывающие цепи [10].

Таблица – Сравнение параметров тушения для индивидуальных ингибиторов

Ингибирующий состав	Время тушения, Δt (с)	ΔT в рабочей зоне ($^{\circ}C$)	Скорость снижения температуры, $K_{инг}$ ($^{\circ}C/c$)
15% K_2CO_3	60.5	365	6.03
25% CH_3COOK	20.6	440	21.36
15% $(NH_4)_2SO_4$	32.3	415	12.84
15% $MgCl_2$	25.7	310	12.06

Результаты моделирования бинарной смеси сульфата аммония и хлорида магния выявили ярко выраженный синергетический эффект (Рис. 1). Кривая зависимости времени тушения от концентрации имеет четкий минимум. Математическая обработка данных методом поиска экстремума полиномиальной аппроксимирующей функции определила оптимальную эффективную концентрацию на уровне 3.4% (масс.).

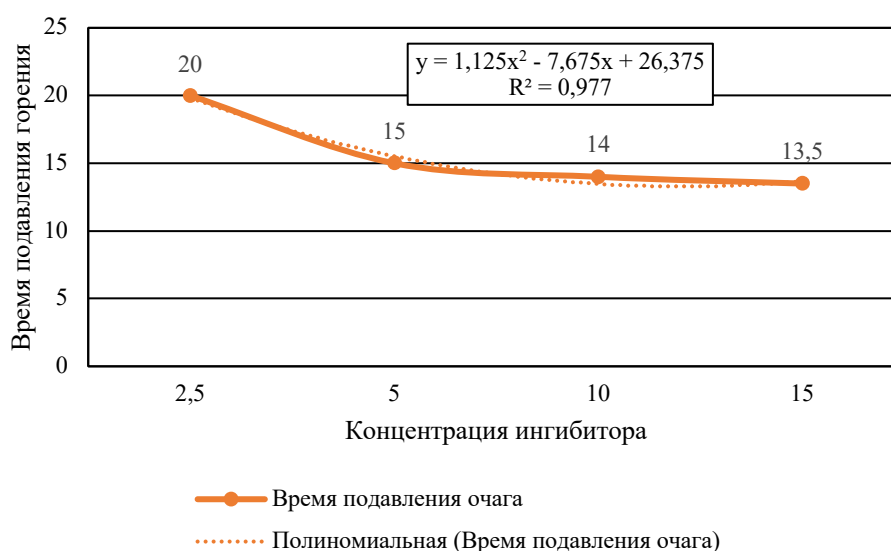


Рисунок 1 – Зависимость времени подавления горения в камере сгорания от концентрации сульфата аммония и хлорида магния

Это значение более чем в 4 раза ниже, чем эффективные концентрации каждого из компонентов в отдельности ($\approx 15\%$ для СА и $\approx 15\%$ для МС по данным модели). Физико-химическая интерпретация синергизма может заключаться в комбинированном механизме действия: ионы аммония (NH_4^+) при термическом разложении поставляют в пламя активные радикалы азота ($N\cdot$, $NH\cdot$), известные как эффективные ловушки для $H\cdot$ и $O\cdot$ радикалов [8, 17]. Ионы магния (Mg^{2+}), в свою очередь, могут катализировать реакции гетерогенного обрыва цепей на поверхности образующихся мелкодисперсных частиц оксида магния или действовать как центры рекомбинации радикалов в газовой фазе [18]. Таким образом, компоненты атакуют разные звенья цепного процесса, приводя к сверхаддитивному эффекту.

Для смеси карбоната калия и ацетата калия синергизм не наблюдался (Рисунок 2). Кривая зависимости времени тушения от концентрации не имеет выраженного минимума, а

время тушения для смеси на всех исследованных концентрациях (15-25%) оказалось выше, чем для 25% раствора ацетата калия отдельно.

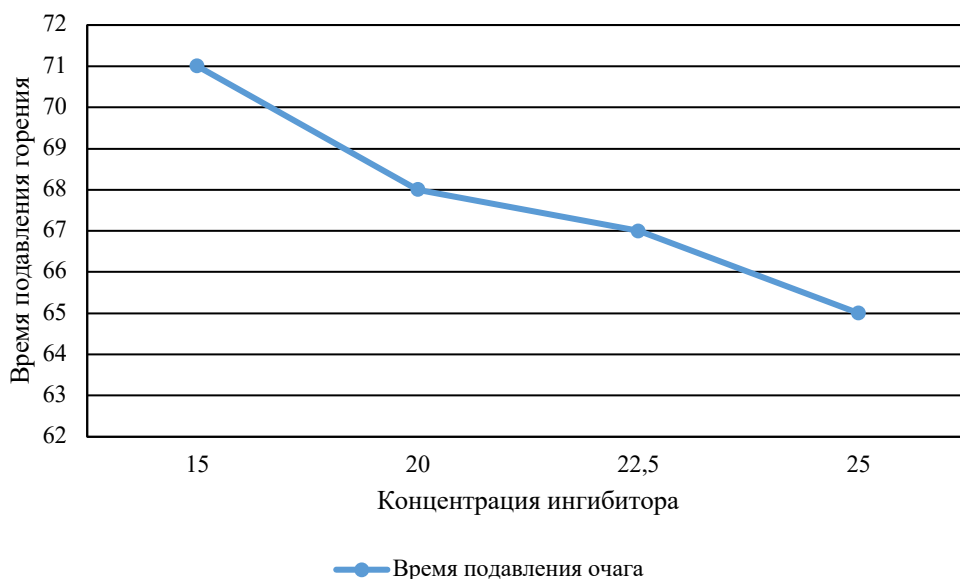


Рисунок 2 – Зависимость времени подавления горения в камере сгорания от концентрации карбоната калия и ацетата калия

Это свидетельствует об антагонистическом взаимодействии. Анализ полей концентраций и температур в модели позволил сделать вывод, что в данном случае основным механизмом тушения при высоких концентрациях смеси (20-25%) является не химическое ингибирование, а физическое воздействие. При нагревании в пламени оба компонента подвергаются термическому разложению с интенсивным выделением диоксида углерода (CO_2).

Массовое выделение CO_2 приводит к разбавлению кислородосодержащей атмосферы в зоне горения и снижению температуры за счет эндотермичности реакций разложения. Однако этот механизм менее эффективен, чем целенаправленное химическое ингибирование, что и объясняет более высокое общее время тушения. Предположительно, антагонизм на химическом уровне может быть связан с взаимным влиянием на процессы диссоциации или с образованием в растворе промежуточных комплексов, снижающих реакционную способность каждого из компонентов по отношению к радикалам пламени.

Разработанная и валидированная математическая модель на основе методов вычислительной гидродинамики (FDS) и кинетики РЦП показала высокую адекватность (расхождение с экспериментом $<5\%$) и пригодна для скрининга и оптимизации комплексных ингибирующих составов для ТАВ. Экспериментально доказан выраженный синергетический эффект для бинарной системы «сульфат аммония – хлорид магния» (массовое соотношение 1:1). Эффективная огнетушащая концентрация смеси составила 3.4%, что более чем в 4 раза ниже пороговых концентраций индивидуальных компонентов. Это открывает путь к созданию экономичных и высокоэффективных составов для ТАВ. Для системы «карбонат калия – ацетат калия» выявлен антагонистический эффект, исключающий синергизм химического ингибирования. Наблюдаемое тушение при высоких концентрациях обусловлено преимущественно физическим механизмом (разбавление атмосферы CO_2). Полученные результаты подтверждают важность направленного теоретического и модельного подбора компонентов для комплексных ингибиторов. Использование синергетических смесей позволяет не только повысить эффективность тушения, но и значительно снизить материальные затраты и возможный коррозионный или экологический ущерб за счет снижения общей массовой доли солей в растворе. Перспективы дальнейших исследований включают

расширение скрининга на другие пары и тройки ингибиторов (например, с участием фосфор- и азотсодержащих соединений [10, 20]), углубленное изучение механизмов синергизма на уровне элементарных химических реакций, а также проведение натурных испытаний оптимальных составов в условиях реальных объектов.

Список источников

1. Babrauskas V. Ignition handbook: principles and applications to fire safety engineering, fire investigation, risk management and forensic science. - Issaquah: Fire Science Publishers, 2003. - viii, 1116 p.: ill. (some col.). - Bibliogr. at the end of the chapters. - Ind.: p.1081-1116. - ISBN 0-9728111-3-3.
2. Levchik, S., Piotrowski, A., Weil, E., & Yao, Q. (2005). New developments in flame retardancy of epoxy resins. *Polymer Degradation and Stability*, 88(1), 57–62. doi:10.1016/j.polyimdegradstab.2004.02.019.
3. Effect of Magnetic Treatment on Surface Tension and Water Evaporation / Amor H.B., Elaoud, A., Salah, N.B., Elmoueddeb, K. / *International Journal of Advance Industrial Engineering*. – 2017. – № 5. – p. 119-124.
4. Роеенко В.В., Халиков Р.В. Пожаровзрывобезопасность замкнутых пространств объектов газокomppressorных станций. // *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация*. 2020. № 1. С. 30-35. DOI: 10.25257/FE.2020.1.30-35.
5. Шмаков, А.Г. Исследование фосфорорганических, фторорганических, металлосодержащих соединений и твердотопливных газогенерирующих составов с добавками фосфорсодержащих соединений в качестве эффективных пламегасителей. [Электронный ресурс] / А.Г. Шмаков, О.П. Коробейничев, В.М. Шварцберг, С.А. Якимов, Д.А. Князьков, В.Ф. Комаров, Г.В. Сакович // *Физика горения и взрыва*. – 2006. – № 6. – 10 с. - Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16757038> (дата обращения 04.10.2020).
6. Пожаркова И.Н., Елфимова М.В., Лагунов А.Н. Моделирование пожаров в машинных отделениях объектов теплоэнергетического комплекса // *Сибирский пожарно-спасательный вестник*. 2019. № 1. С. 39-45.
7. Storesund K.L. Fire incidents and potential fire incidents on Norwegian oil and gas installations. [Электронный ресурс] // *SPFR Report*, 2015. Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/325869491_Fire_incidents_and_potential_fire_incidents_on_Norwegian_oil_and_gas_installations (дата обращения 10.06.2020).
8. Азатян В.В. Особенности физико-химических механизмов и кинетических закономерностей горения, взрыва и детонации газов // *Кинетика и катализ*. 2020. № 3 Т.61 С. 291-311.
9. Котова Д.Л., Крысанова Т.А., Новикова Л.А., Бельчинская И.Л., Давыдова Е.Г. Об особенностях влияния слабого импульсного магнитного последствие на гидратационные свойства алюмосиликатов // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2020. № 2 Т.20 С. 166-174. DOI: 10.17308/sorpchrom.2020.20/2771.
10. Коробейничев О.П., Шмаков А.Г., Шварцберг В.М., Якимов С.А., Князьков Д.А., Комаров В.Ф., Сакович Г.В. Исследование фосфорорганических, фторорганических, металлосодержащих соединений и твердотопливных газогенерирующих составов с добавками фосфорсодержащих соединений в качестве эффективных пламегасителей. // *Физика горения и взрыва*. 2006. Т.42. №6. С.64-73.

Александр Михайлович Солоненко

ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России» (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия (alexan.solonenko@gmail.com, SPIN 5375-2918, ID 1123398)

Вопросы защиты и тушения электрооборудования находящегося под напряжением

Аннотация. В настоящей работе проведен комплексный анализ рисков, связанных с ликвидацией возгораний на электроустановках, находящихся под напряжением. Рассмотрены физиологические последствия воздействия электрического тока различной силы на организм человека, обоснована техническая и экономическая нецелесообразность тушения подразделениями пожарной охраны. В качестве основного способа борьбы с указанными пожарами является применение автоматических установок пожаротушения. Проанализированы требования к их конструктивному исполнению, обеспечивающему работоспособность в условиях воздействия сильных электромагнитных полей и высокого потенциала.

Ключевые слова: автоматические установки пожаротушения, ток утечки, пожар, электрооборудование.

Aleksandr M. Solonenko

All-Russian Research Institute for Fire Protection of EMERCOM of Russia, Balashikha, Russia

Issues of protection and extinguishing of energized electrical equipment

Abstract. This paper provides a comprehensive analysis of the risks associated with extinguishing fires in energized electrical installations. It examines the physiological effects of electric current of varying intensity on the human body and argues for the technical and economic infeasibility of firefighting by fire departments. The primary method of combating these fires is through the use of automatic fire extinguishing systems. The paper analyzes the requirements for their design to ensure their functionality in the presence of strong electromagnetic fields and high voltage.

Keywords: automatic fire extinguishing systems, leakage current, fire, electrical equipment.

Обеспечение пожарной безопасности объектов электроэнергетического комплекса представляет собой важную задачу в сфере национальной безопасности и экономической стабильности. Данные объекты относятся к категории критической инфраструктуры, выход из строя которой в случае пожара может повлечь за каскадные негативные последствия макроэкономического масштаба. К прямым последствиям относятся уничтожение капитального оборудования с долгим процессом восстановления. Косвенные эффекты включают в себя нарушение технологических процессов в смежных отраслях промышленности, дестабилизацию работы социально-значимых объектов.

Тушение пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением чаще всего, происходит подразделениями пожарной охраны и осложнено рядом факторов [1, 2]:

- большие затраты времени до начала тушения, за которое пожар переходит из начальной стадии в развитую (время на прибытие, развертывание, получение допусков, обесточивание объекта);
- если объект не обесточен, даже с учетом соблюдения всех мер безопасности и охраны труда, вероятность поражения электрическим током остается;

- большой сопутствующий ущерб, в связи с тем, что пожар, к моменту начала тушения, находится в развитой стадии, затраты огнетушащего вещества (вода и пена) возрастают, что приводит к дополнительному ущербу для оборудования, не затронутому пожаром.

Наиболее уязвимыми с точки зрения возникновения и развития пожара под напряжением являются следующие категории электрооборудования:

- 1) аппараты с жидкими горючими диэлектриками (масляные силовые трансформаторы, реакторы, выключатели);
- 2) распределительные устройства закрытого типа (КРУ, КРУН) с комбинированной (бумажно-масляной) изоляцией;
- 3) силовые кабельные линии большой протяженности, проложенные пучками в коробах, тоннелях или на эстакадах;
- 4) высокочастотные преобразователи тока (инверторы, частотные приводы), работающие в режиме значительной тепловой нагрузки;
- 5) комплексы бесперебойного питания и центры обработки данных.

Поражение человека при попытке тушения является следствием прохождения тока через биологические ткани. Критическими являются не абсолютные значения напряжения, а сила тока и время его воздействия. Зависимость последствий от силы тока носит нелинейный пороговый характер:

- 0.5 – 5 мА: Порог восприятия, является безопасным для человека.
- 5 – 15 мА: эффект «неотпускания». При прикосновении к предмету происходит сильное сокращение мышц, что делает самостоятельное размыкание цепи с источником невозможным.
- 50 – 100 мА: фибрилляционный порог. Прохождение тока через грудную клетку вызывает хаотичную деполяризацию миокарда (фибрилляцию желудочков), что в течение нескольких минут приводит к летальному исходу.
- > 5 А: вызываются стойкие органические поражения: глубокие электрометаллизация и коагуляционные ожоги, механические разрывы тканей.

Следует отметить, что формирование проводящей среды (струя воды, пены, аэрозоля) резко снижает переходное сопротивление, что при наличии разности потенциалов приводит к достижению смертельных значений силы тока.

Исходя из высоких рисков поражения человека электрическим током, при тушении пожаров электрооборудования под напряжением, наиболее эффективным выглядит применение автоматических установок пожаротушения (далее – АУП), для борьбы с данными видами пожаров.

Применение АУП позволяет:

- гораздо снизить время подачи огнетушащего вещества для тушения пожара, который находится ещё в начальной стадии (за счет автоматического обнаружения при помощи пожарной сигнализации);
- снижение рисков для пожарных, а также персонала объекта, тушение происходит в автоматическом режиме, после эвакуации персонала;
- выбор наиболее эффективного огнетушащего вещества, для разных видов защищаемого оборудования;

Наиболее эффективными видами АУП, применяемыми для тушения электрооборудования под напряжением, являются:

Газовые АУП: на основе инертных газов или хладонов. Не проводят электричество, не оставляют следов. Оптимальны для серверных, диспетчерских, помещений с аппаратурой.

Установки тонкораспыленной воды: создают мелкодисперсную каплю ($d < 150$ мкм), обладающую повышенной теплоемкостью и низкой электропроводностью. Могут применяться для локального тушения [3].

Порошковые АУП: обладают высокой огнетушащей способностью. Недостатки: ухудшение видимости, сложность очистки, риск комкования при высокой влажности.

Ключевым требованием к выбору АУП, монтируемым на объектах где находится оборудование под напряжением, является сохранение функциональности при воздействии рабочего и аварийного потенциала. Данное требование детерминировано следующими аспектами:

1. Диэлектрическая прочность конструктивных элементов: все компоненты, размещаемые в зоне возможного прохождения токов (оросители, трубная обвязка, кожухи), должны иметь нормируемое сопротивление изоляции и конструктивное исполнение, исключающее пробой.

2. Электромагнитная совместимость: блоки управления, датчики и линии связи АУП должны быть устойчивы к воздействию помех, генерируемых силовым оборудованием и процессами коммутации.

3. Алгоритмическое взаимодействие с релейной защитой и автоматикой: работа АУП должна быть интегрирована в систему **автоматического ввода резерва [4]**.

Таким образом, тушение электроустановок, находящихся под напряжением, силами пожарных подразделений является опасной и сложной операцией, эффективнее выглядит применение автоматических установок пожаротушения, с возможностью тушения под напряжением. Проектирование и монтаж АУП для электроустановок должны осуществляться с обязательным учетом требований по диэлектрической прочности, исполнение установки должно гарантировать ее работоспособность при максимально возможном в аварийной ситуации напряжении.

Список источников

1. Алешков М. В., Иошенко Д. А., Ольховский И. А. Пожары различных видов электроустановок и способы их тушения // Пожаровзрывобезопасность. 2020. Т. 29, № 5. С. 51–59. DOI:10.22227/PVB.2020.29.05.51-59

2. Чистяков Т. И., Кармес А. П. К вопросу об актуальности тушения пожаров класса е личным составом пожарной охраны // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2021. № 2. С. 15–24. DOI:10.25257/FE.2021.2.15-24

3. Солоненко, А. М. Исследование тока утечки по струе тонкораспылённой воды из автоматической установки пожаротушения на электрооборудование под напряжением / А. М. Солоненко, А. А. Колбасин, М. В. Алешков // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2024. – № 2. – С. 55-61. – DOI 10.25257/FE.2024.2.55-61. – EDN KIJUQR.

Павел Алексеевич Митрошкин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (pawka-bur@mail.ru)

Функционирование подразделений пожарной охраны, обеспечивающих защиту объектов культурного наследия, расположенных на труднодоступных, изолированных территориях

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы функционирования и обеспечение противопожарной защиты культурно-исторических и религиозных объектов, подразделениями пожарной охраны, расположенных на труднодоступных изолированных территориях. Рассмотрена специфика и проблематика деятельности этих подразделений, осуществляющих охрану данных территорий.

Ключевые слова: объекты культурного наследия, труднодоступные территории, тушение пожаров.

Pavel A. Mitroshkin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Functioning of fire protection units that ensure the protection of cultural heritage sites located in remote and isolated areas

Abstract. The article discusses the functioning and fire protection of cultural, historical, and religious sites by fire departments located in remote and isolated areas. It examines the specifics and challenges of these departments in protecting these territories.

Keywords: cultural heritage sites, remote areas, firefighting

Подразделения пожарной охраны, расположенные на изолированных территориях, имеют ряд специфических особенностей функционирования, требующих особого подхода к организации их деятельности. Территориальная обособленность создает дополнительные сложности в организации защиты объектов от пожаров и проведении аварийно-спасательных работ.

Федеральный закон от 25 июня 2002 г. № 73-ФЗ "Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации" к объектам культурного наследия относит: объекты недвижимого имущества (включая объекты археологического наследия) и иные объекты с исторически связанными с ними территориями, произведениями живописи, скульптуры, декоративно-прикладного искусства, объектами науки и техники и иными предметами материальной культуры, возникшие в результате исторических событий, представляющие собой ценность с точки зрения истории, археологии, архитектуры, градостроительства, искусства, науки и техники, эстетики, этнологии или антропологии, социальной культуры и являющиеся свидетельством эпох и цивилизаций, подлинными источниками информации о зарождении и развитии культуры [1].

На территории Российской Федерации расположено порядка 200 тысяч объектов федерального и регионального значения, 32 из которых включены в список Всемирного наследия ЮНЕСКО, 20 из них находятся в списке культурного наследия, 6 являются шедевром человеческого гения [2].

Огнестойкость данных объектов в большинстве своем составляют постройки III – V степени огнестойкости, имеющие нетипичную планировку свойственную архитектурным традициям историко-культурной эпохи своего времени.

В северных регионах России есть три выдающихся объекта культурного и религиозного наследия: Валаамский монастырь на Ладожском озере, Кижский погост на Онежском озере и Соловецкий монастырь на Белом море. Из-за островного расположения и особенностей климата доступ к этим достопримечательностям ограничен. Для обеспечения пожарной безопасности и оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации [3] на территории каждого объекта функционируют объектовые пожарно-спасательные подразделения [4].

На территории Валаамского архипелага, являющегося одним из главных центров паломничества на Северо-Западе России, расположена 39 пожарно-спасательная часть по охране Религиозной организации «Спасо-Преображенский Валаамский ставропигиальный мужской монастырь Русской Православной Церкви (Московский Патриархат)», о. Валаам.

Монастырь изолирован от материка водами Ладожского озера - крупнейшего озера Европы, занимающего площадь 18 300 км². Площадь же самого Валаамского архипелага, состоящего более чем из 50 островов, составляет 36 км². Крупнейший остров — Валаам, на него приходится более 2/3 площади — 27,8 км²; длина острова 9,6 км, ширина 7,8 км. Второй по размерам остров — Скитский [5].

Основные проблемные вопросы возникают из-за специфики расположения объекта и изолированности подразделения. Удалённость островов Валаамского архипелага от материка составляет 42 километра до районного центра г. Сортавала и 60 километров до г. Приозерск по воде, что исключает возможность быстрого реагирования на возникающие пожары по повышенным номерам вызова дополнительных сил и средств гарнизона. Или полное отсутствие возможности привлечения дополнительных сил и средств, в период шторм-прогнозов и период становления и таяния ледового покрытия Ладожского озера. Острой проблемой является так же вопрос о доставке личного состава подразделения к месту несения службы на период дежурства и обратно, отсутствие необходимого транспорта для данных целей не позволяет провести смену караулов четко по утвержденному графику дежурства. Доставка к месту несения службы и вызов дополнительных сил и средств проводится с помощью кораблей флота Валаамского монастыря. Средняя скорость судов монастырского флота составляет 10 узлов в час, при расстоянии до города Сортавала которое составляет 42 км., время на переход занимает порядка 2ч. 20 мин. в одну сторону. При необходимости задействовать дополнительные силы и средства на тушение возможных пожаров по повышенным рангам, время на доставку людей с материка, при идеальных погодных условиях, удваивается, так как флот базируется в порту о. Валаама и судам необходимо сначала проделать путь к пункту сбора дополнительных сил и средств который организуется в г. Сортавала. В период штормов и начинающегося ледостава время в пути в одном направлении может увеличиться до 4-5 часов, либо передвижение по воде будет вовсе невозможно.

Доставка техники на остров может быть организована лишь с города Приозерск, так как в г. Сортавала отсутствует необходимая инфраструктура позволяющая произвести погрузку техники на специализированные корабли. Расстояние до причала в Приозерске составляет порядка 60 километров, время в пути при скорости 10 узлов в час составит не менее трех с половиной часов в одну сторону. С учетом времени необходимого на загрузку и выгрузку техники, привлекаемой для тушения возможных пожаров по повышенным номерам, использование ее по назначению будет возможно не ранее чем через 10 часов. За это время при развившемся пожаре при отсутствии необходимого количества сил и средств пожарной охраны, локализация и ликвидация пожара будет невозможна, что в свою очередь создает угрозу уничтожения объектов культурного и духовного наследия страны.

Так как постройки охраняемого объекта расположены на различных островах архипелага, доступ автоцистерн к 6 из 13 скитов невозможен. Решением данного вопроса является укомплектование штата пожарной части пожарными катерами.

Для решения задач пожаротушения, поисковых и аварийно-спасательных работ в зимний период, в штате подразделения имеется снегоход ТАЙГА PATRUL укомплектованный санями-прицепом с вывозимым на них пожарно-техническим вооружением. Но из-за штормовых ветров и теплых зим последнего десятилетия, ледяной покров Ладожского озера

крайне неустойчив (водоем покрывается льдом на малое количество времени и толщина ледяного покрова не обеспечивает безопасное нахождение на нем людей и технических средств), применять данный вид транспортного средства для доставки личного состава и пожарно-технического вооружения на островные скиты в зимний период невозможно.

В условиях туристической популярности о. Валаам и близлежащих островов архипелага, в летний период 2024 года посещаемость острова составила 175 тысяч человек [6] это данные, предоставляемые паломнической службой, учитываются лишь те туристы, что совершили тур на флоте монастыря. В реальности эти цифры могут быть в два раза выше, много туристов и паломников добираются частными малыми судами, статистику посещения и количество людей определить невозможно. В связи с большим потоком людей увеличиваются случаи травматизма и несчастных случаев с ними. В штате подразделения отсутствует должность медика, а на острове имеется лишь один фельдшер, который не в состоянии оказать качественную медицинскую помощь из-за отсутствия необходимого оборудования и специализированного транспортного средства для доставки пострадавших. Все пострадавшие доставляются в фельдшерский пункт силами личного состава 39 пожарно-спасательной части о. Валаам. И отправка их на материк в целях оказания более качественной и квалифицированной медицинской помощи происходит в сопровождении сотрудников подразделения пожарной охраны.

Немаловажным вопросом является график смен работников пожарно-спасательной части о. Валаам. Дежурство составляет 21 сутки через 63 дня отдыха что снижает эффективность выполнения задач подразделения по назначению, ввиду физической и морально-психологической усталости личного состава подразделения.

Похожие проблемные вопросы свойственны и пожарному подразделению расположенному на о. Киж.

Пожарно-спасательная часть расположена на острове Киж что находится на Онежском озере, втором по величине озере Европы. В район выезда входят: объекты на острове Киж (в том числе объект всемирного наследия ЮНЕСКО - Ансамбль «Кижский погост»); объекты «Кижского ожерелья».

В подразделении также имеется три основных пожарных автомобиля на шасси УРАЛ и ЗИЛ. В виду расположения некоторых объектов, на отдельных островах, доступ к ним по суше на автоцистернах невозможен. А имеющийся в подразделении катер (малый пожарно-спасательный катер «Мастер-600»), не имеет необходимых мореходных качеств для безопасного передвижения по воде личного состава в период штормового прогноза. Противопожарный теплоход типа «ВЬЮН 1», так же стоящий на вооружении подразделения, из-за своих размеров и соответственно малой маневренности (длина, м: 30,95, ширина, м: 5,24), глубины осадки (м: 0,75) и времени приведения его в боевую готовность (15 минут – время прогрева двигателей) [7], не может обеспечить оперативную доставку к месту возгорания личного состава подразделения и огнетушащих веществ. По мимо этого, судну с таким водоизмещением необходимы специализированные места для швартовки. В районе выезда пожарно-спасательной части такой пирс имеется только на о. Киж. На остальных островах «Кижского ожерелья» они отсутствуют.

Организация несения службы в подразделении характерна и схожа с подразделением о. Валаам, дежурство 14 суток через 42 дня отдыха.

Подразделение пожарной охраны Соловков, 8 пожарно-спасательная часть, располагается на Соловецком архипелаге омываемого водами Белого моря, в Архангельской области, отличительной особенностью данного подразделения является островное положение, отдаленность, большое количество прибывающих туристов в туристический сезон и охраняемый объект культурного наследия. 14 декабря 1992 года Генеральная Ассамблея ЮНЕСКО вынесла решение о внесении историко-культурного ансамбля Соловецких островов в Список Всемирного наследия.

Краткое содержание основных проблем:

1. В виду недостаточного количества личного состава в пожарной части, на боевом дежурстве в период отпусков, больничных и отгулов личного состава подразделения, может не быть необходимого количества людей для формирования полноценного звена ГДЗС. Это в свою очередь влечет к нарушению требований приказа МЧС России от 27 июня 2022 г. № 640 «Об утверждении Правил использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения личным составом подразделений пожарной охраны» [8].

2. Удаленность учебного пункта от подразделения, находящегося в городе Архангельск, составляет 240 километров по прямой, авиатранспортом, морской и сухопутный маршрут займут порядка 1000 км.

3. В виду удаленности объекта, время прибытия дополнительных сил и средств при повышенных рангах пожара, по воде составляет более 2 часов, при закрытии навигации и штормовых прогнозах прибытие сил и средств возможно только авиатранспортом.

4. На отдаленные и островные объекты в пределах района выезда подразделения, реагирование возможно только на специальной технике (снегоход, снегоболотоход, плавсредство);

Подводя итоги вышесказанному, можно выделить следующие общие для всех изолированных подразделений моменты:

Территориальная изолированность подразделений создает следующие проблемы:

- Сложности с оперативной доставкой личного состава, дополнительных сил и средств к месту проведения работ.

- Ограниченный доступ к материальным ресурсам, запасным частям и централизованному тыловому обеспечению.

- Проблемы с организацией полноценного технического обслуживания техники и пожарно-технического вооружения.

- Проблемы с организацией караульной службы в виду недостаточности личного состава в подразделениях.

- Зависимость от погодных условий при доставке личного состава к местам проведения работ по тушению возможных пожаров и к местам несения службы.

- Недостаточное оснащение специализированной техникой.

Особенности осуществления тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ:

- Увеличенное время реагирования из-за изолированности и отрезанности данных территорий водоемами.

- Ограниченные возможности имеющейся в подразделениях техники.

- Необходимость привлечения дополнительных сил и средств при затяжных пожарах и пожарах по повышенным рангам, с материка.

- Отсутствие специализированных средств для работы на водных объектах.

К путям решения проблем данных подразделений можно отнести следующие пункты:

- Необходима разработка специальных нормативных актов, учитывающих специфику работы на объектах культурного наследия в условиях труднодоступности и изоляции.

- Необходимо создание четких алгоритмов по постоянному взаимодействию с местными службами.

- Необходима оптимизация графиков дежурства с учетом специфики работы в данных подразделениях.

- Необходима разработка специальных планов привлечения дополнительных сил и средств и согласование их с собственниками охраняемых объектов.

- Оснащение специализированной техникой, позволяющей решать поставленные задачи в условиях реального функционирования подразделений, находящихся в изоляции. (аэролодки, пожарные катера, катера с повышенной мореходностью).

Проблемные вопросы организации деятельности объектовых подразделений пожарной охраны на изолированных территориях требуют комплексного подхода к их решению. Необходимо совершенствование нормативно-правовой базы и разработка специальных методических рекомендаций с учетом специфики работы в данных условиях. Особое внимание следует уделить вопросам материально-технического обеспечения и подготовки личного состава.

Список источников

1. Федеральный закон от 25 июня 2002 г. № 73-ФЗ "Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями) URL: <https://base.garant.ru/12127232/?ysclid=m97gu7wh2b783602475> (дата обращения 01.03.2026).
2. Конвенция о всемирном наследии, формально Конвенция об охране всемирного культурного и природного наследия от 23 ноября 1972 года. URL: <https://base.garant.ru/2133078/?ysclid=m8q8p1gufi498735698> (дата обращения 01.03.2026)
3. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. N 69-ФЗ "О пожарной безопасности" (с изменениями и дополнениями) URL: <https://base.garant.ru/10103955/?ysclid=m8qa2i408y151520355> (дата обращения 01.03.2026)
4. Приказ МЧС России от 11 августа 2015 г. N 424 "Об утверждении Порядка организации деятельности объектовых и специальных подразделений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы" URL: <https://base.garant.ru/71244624/?ysclid=m8q8kegp1v423336990> (дата обращения 01.03.2026)
5. Постановление Палаты Республики Законодательного собрания Республики Карелия от 04.11.1999 №289 ПР «О создании природного парка "Валаамский архипелаг"». URL: <http://kodeks.karelia.ru/api/show/919301677> (дата обращения 01.03.2026)
6. Ссылка на сайт URL: <https://www.interfax-russia.ru/tourism/news/bole-175-tysyach-chelovek-posetili-ostrov-valaam-v-2023-godu> (дата обращения 14.10.2025)
7. URL: <https://fleetphoto.ru/projects/473/> (дата обращения 01.03.2026)
8. Приказ МЧС России от 27 июня 2022 г. № 640 «Об утверждении Правил использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения личным составом подразделений пожарной охраны» URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/7455> (дата обращения 01.03.2026).

Секция 4

Организация деятельности пожарной охраны

УДК 614.842.6
ББК 30в6

Павел Владимирович Молодоженцев

ФГКУ «Специальное управление ФПС № 10 МЧС России», г. Трехгорный, Челябинская область (ugps6okvr@yandex.ru, SPIN 7232-7677, ID: 1186021)

Сергей Геннадьевич Андросенко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (green01sa@yandex.ru, SPIN 9306-8680, ID: 764226)

Участие персонала энергетического объекта в сдерживании пожара

Аннотация: Ущерб от пожара на энергетической инфраструктуре способен нанести последствия сопоставимые с применением оружия массового поражения. Причины низкой эффективности пожаротушения на энергетических объектах связаны с их уникальностью и сложностью. На таких объектах не всегда соблюдаются обязательные требования по установке автоматических систем пожаротушения на всей площади. Резкий прирост опасных факторов пожара исключает применение персоналом регламентированных первичных средств в борьбе с ним. Удаленность профессиональных пожарных подразделений и их оснащение влияют на оперативность предпринимаемых действий. Возможности использования переносных технических средств сдерживания пожара персоналом объекта изучены слабо, хотя система обеспечения пожарной безопасности постоянно совершенствуется.

Ключевые слова: средства доставки, ущерб от пожара, безопасность энергетики, пожаротушение, вода, действия при пожаре

Participation of the energy facility's personnel in fire containment

Pavel V. Molodozhentsev

Federal State Budgetary Institution "Special Directorate of FPS No. 10 of the Ministry of Emergency Situations of Russia", Trekhgorny, Chelyabinsk region

Sergey G. Androsenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Abstract: The damage caused by a fire in the energy infrastructure can have consequences comparable to those of a weapon of mass destruction. The reasons for the low effectiveness of firefighting in energy facilities are related to their uniqueness and complexity. These facilities do not always comply with the mandatory requirements for installing automatic firefighting systems throughout the entire area. The rapid increase in fire hazards prevents personnel from using the prescribed primary means of firefighting. The distance between professional firefighting units and their equipment affects the efficiency of their actions. The possibilities of using portable technical means of fire containment by the facility personnel have been poorly studied, although the fire safety system is constantly being improved.

Keywords: delivery means, fire damage, energy safety, fire extinguishing, water, fire actions

Пожарная безопасность является важной частью экономической безопасности, поскольку она напрямую влияет на экономические показатели производственно-хозяйственной деятельности. Эффективная система пожарной безопасности помогает сохранить экологию, предотвратить материальный ущерб, сохранить жизнь и здоровье человека, а также минимизировать простои в работе, что способствует стабильному и устойчивому развитию предприятий.

Предотвращение финансовых убытков напрямую связано с созданием эффективной системы пожарной безопасности энергетических объектов. Бесперебойная работа, которых

позволяет увеличить объемы выпускаемой продукции, предотвращая возможные простои технологических процессов связанных с пожарами.

В 2022 году прямые убытки от пожаров в России достигли 18,7 миллиарда рублей, что на 15% больше, чем в предыдущем году. Эти данные предоставлены ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Под прямым ущербом подразумевается стоимость имущества, утраченного во время пожара, стоимость косвенного и других видов ущерба оценить сложнее [1].

Исследование последствий аварийных ситуаций на энергетических объектах позволило определить ключевые факторы, влияющие на прямые и косвенные убытки (Рисунок 1). Следует подчеркнуть, что потенциальные убытки от пожара на таком объекте могут быть сравнимы с последствиями применения оружия массового поражения [2]. Поэтому крайне важно обеспечить высокий уровень пожарной безопасности на энергетических объектах.

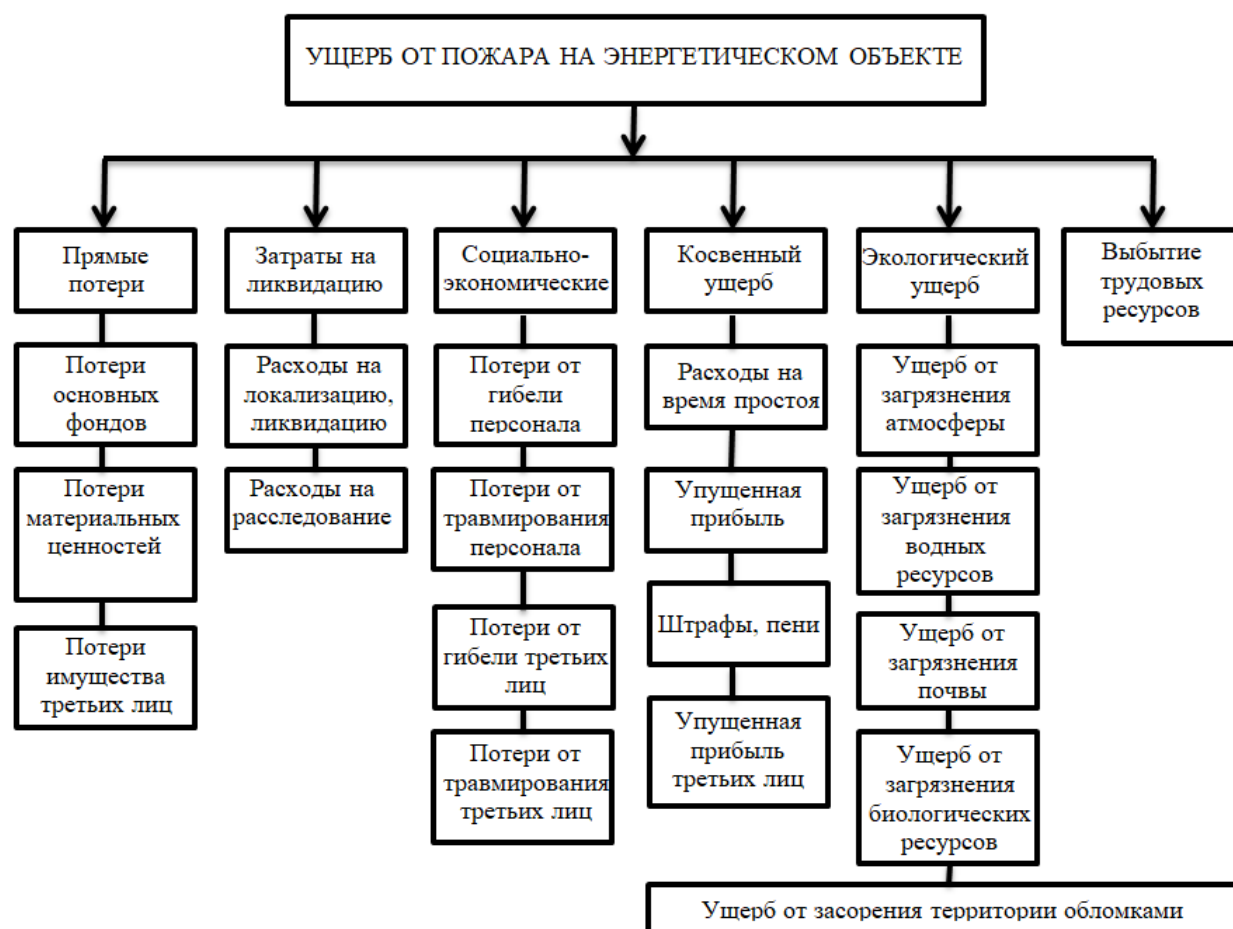


Рисунок 1 – Структура ущерба от пожара на энергетических объектах

Пожары на объектах энергетического комплекса и их последствия наносят серьезный ущерб различным сферам жизни государства. Важно продолжать научно-технические исследования, направленные на повышение уровня пожарной безопасности в энергетике.

Статистические данные, свидетельствуют о 2138 случаев возгорания в зданиях и на объектах энергетической инфраструктуры за период с 2012 по 2023 годы. Наименьшее время, в течение которого пожар развивался свободно, составило 0 минут, а наибольшее — 3 часа 11 минут. Детальное изучение данных показало следующее распределение: 221 пожар продолжался от 2 до 5 минут; 574 — от 6 до 10 минут; 711 — от 11 до 19 минут; 232 — более 20 минут, остальные пожары исключены по причинам некорректности внесенной в базы данных информации [3].

Анализ применения первичных средств пожаротушения на данных пожарах выдал показатель 27 %, а именно 431 пожар с применением ПСПТ, против 1592 пожара без них [3].

Среднее время прибытия подразделений пожарной охраны составило 11 мин 37 с, с учётом нормативов время подачи огнетушащего вещества пожарными составит более 15 мин [4].

Также определена выборочная совокупность путем исключения крупных пожаров с учетом критериев определенных МЧС России и средних значений минимального размера оплаты труда, т.е. исключены пожары с ущербом более 25 млн. рублей. Далее исследовались закономерности между продолжительностью пожара и величиной прямого ущерба. Установлена средняя длительность пожара, которая составила 18 минут. Зависимость прямого ущерба от продолжительности пожара описывается логарифмической функцией. При пожарах, продолжающихся менее 12 минут, ущерб увеличивается линейно, в остальных случаях геометрически. Среднее значение ущерба при пожарах до 12 минут составляет 89 тыс. руб., более 231 тыс. руб.

Сделаны выводы о необходимости оперативной доставки огнетушащих веществ в зону пожара. Крайне важно обеспечить тушение пожара не позднее 3 минуты свободного развития, это кратно снизит ущерб. Для достижения цели потребуется изменить существующую систему обеспечения пожарной безопасности, путем подключения персонала к тушению пожара на начальной стадии, разработки технических средств, позволяющих бесперебойно подавать доступные огнетушащие вещества в зону горения до прибытия пожарных подразделений.

Существующая система обеспечения пожарной безопасности представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Система обеспечения пожарной безопасности объекта энергетики

В нашей работе сосредоточим внимание на создании теоретических подходов, направленных на готовность сил и средств к сдерживанию и ликвидации пожаров в начальной стадии (элемент системы рисунок 2: «обнаружение, оповещение и тушение пожара»). Зависимость количества прямого ущерба от продолжительности пожара на основании имеющихся данных исследовать не представляется возможным. Необходимо определить принципы реагирования в первые минуты.

На скорость распространения пожара влияют различные факторы:

1. Тип горючего материала. Газы обладают наибольшей линейной скоростью распространения, так как они уже готовы к горению в смеси с воздухом. Твёрдые материалы, напротив, требуют больше тепла для подготовки к горению и поэтому распространяются медленнее, чем жидкости и газы.

2. Начальная температура. Линейная скорость горения жидкостей напрямую зависит от их начальной температуры. Резкое увеличение скорости наблюдается при достижении горючими жидкостями температуры вспышки.

3. Пространственное расположение. Например, пламя может распространяться по вертикальным и горизонтальным поверхностям с разной скоростью, которая может отличаться в 5–6 раз. Если же рассматривать распространение пламени по вертикальной поверхности в обоих направлениях, то разница может достигать 10 раз.

4. Влажность. Влажные материалы обладают повышенной теплоёмкостью, что требует больше тепла для их нагрева. Кроме того, необходимо учитывать дополнительные затраты тепла на испарение содержащейся в них влаги [5].

Перечисленные ранее факторы особенно влияют на развитие пожара в начальной стадии, так как пожар еще не успевает набрать большую мощность и подстроить окружающую среду под себя.

Начальная стадия пожара, длится всего 10 минут, происходит свободное горение. Период считается наиболее благоприятным для эффективного тушения, так как для ликвидации пожара требуется минимальное количество ресурсов. Полученные данные свидетельствуют о наиболее частом горении изоляции проводов и кабелей, трансформаторного масла и других продуктов нефтепереработки. Такие пожары сопровождаются выделением значительного объёма чёрного дыма и других газообразных продуктов, что снижает видимость и затрудняет тушение пожара и эвакуацию людей. Чем дольше продолжается пожар, тем условия работы сложнее.

Согласно аналитическим данным, в 67 % случаев возгорания на энергетических объектах удаётся потушить только после того, как они выходят за рамки начальной стадии. Основная причина отсутствие адекватных действий по сдерживанию пожара со стороны персонала объекта до прибытия пожарных подразделений.

При стандартном алгоритме действий персоналу необходимо выполнить следующие действия: убедиться в срабатывании автоматической пожарной сигнализации, сообщить о возгорании в пожарную службу, эвакуировать людей, активировать дополнительные автоматические системы противопожарной защиты, принять меры по локализации пожара, перекрыть доступ к очагу возгорания путем закрытия противопожарных дверей и вентиляционных систем и т. д.

Основными факторами, влияющими на низкую эффективность действий персонала, являются:

- выборочное оснащение пожарной автоматикой помещений, оснащено ~ 20% помещений объекта энергетики;
- ограниченные временные параметры работы первичных средств пожаротушения (время работы 10 с при весе <50 кг, длина струи огнетушащего вещества <6 м);
- отсутствие средств защиты для персонала от опасных факторов пожара на большинстве объектов энергетики;
- требования электробезопасности (значительно увеличивают время ликвидации).

Пожарная автоматика имеет высокую стоимость, огнетушители ограниченное время работы, пожарные краны не имеют средств защиты от поражения электрическим током. В ряде случаев быстрое отключение электроэнергии на месте пожара невозможно, а иногда это запрещено из-за особенностей технологического процесса. Для обеспечения безопасности при тушении пожара рекомендуется исходить из предположения, что все электроустановки остаются под напряжением до тех пор, пока сотрудник предприятия не подтвердит их отключение. В определённых условиях допускается использование огнетушащих веществ для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 10 кВ с соблюдением множества требований.

Для тушения пожаров на объектах энергетики в настоящее время рекомендуется использовать распыленные и компактные струи воды, негорючие газы, порошковые составы, а также их комбинации. В случае возгорания трансформаторов, разлива масла, кабельных галерей и туннелей предпочтительно применять воздушно-механическую пену. Однако следует учитывать, что использование пены снижает сопротивление смеси пенообразователя и воды, что может повысить риск поражения электрическим током для участников тушения.

Вода является самым дешевым и простым в использовании огнетушащим средством, чаще всего используется на пожарах объектов энергетики, согласно анализа данных ВНИИПО МЧС России. Она обладает высокой теплоемкостью и теплотой парообразования 2258 Дж/г, а также повышенной термической стойкостью. Вода широко применяется для тушения пожаров всех классов, кроме D и F [6]. При соблюдении определенных правил, она используется для тушения легких нефтепродуктов и для охлаждения оборудования, находящегося под электрическим напряжением. Водяные завесы, создаваемые с помощью воды, эффективно охлаждают объекты, расположенные вблизи очага горения.

Использование воды в различных состояниях является эффективным способом борьбы с опасными факторами пожара. Научные исследования подтверждают безопасность её применения при тушении электрооборудования, находящегося под напряжением, при соблюдении определённых условий. Считаем воду самым перспективным компонентом огнетушащего вещества, применяемым на объектах энергетики. Особенную пользу принесут смеси воды и инертных газов. С их помощью станет возможным обеспечивать объемное и локально-объемное тушение без точного попадания огнетушащих веществ в очаг пожара, которое в настоящее время обеспечивается человеком или роботизированными комплексами.

Существует множество способов доставки огнетушащих веществ к месту пожара. Основные критерии для классификации этих средств включают степень автоматизации и тип управления, возможность перемещения или стационарное использование, тип и дальность подачи огнетушащего состава, а также вид приводов механизмов (Рисунок 3) [7].



Рисунок 3 – Классификация технических средств доставки огнетушащих веществ по признакам исполнения

На основе проведенного анализа средств доставки и выбора воды в качестве ключевого компонента огнетушащего вещества, следует выделить основные характеристики технических устройств тушения пожаров на объектах энергетики в начальной стадии персоналом:

- мобильность - носимая;
- степень автоматизации - ручная;
- вид огнетушащего вещества - комбинированный;
- способ подачи - с использованием твердых и жидких топлив;
- привод - пневмогидравлический;

- дальность подачи – малая [7].

Соблюдение этих принципов при проектировании технических средств борьбы с пожарами на энергетических объектах значительно повысит возможности персонала объекта при сдерживании и ликвидации пожаров в начальной стадии. Сохранит здоровье и жизни граждан, снизит прямой и косвенные ущербы. Позволит повысить уровень пожарной безопасности.

Основные причины низкой эффективности пожаротушения на энергетических объектах включают их уникальность и сложность, отсутствуют обязательные требования к установке автоматических систем пожаротушения на всей площади, ключевую роль играет удаленность профессиональных пожарных подразделений. При этом недостаточно изучены возможности использования технических средств сдерживания пожара персоналом объекта в комплексе с имеющимися технологиями в области пожарной безопасности.

В дальнейшем необходимо провести исследования по созданию носимого устройства, способного непрерывно подавать огнетушащее вещество в очаг возгорания, а также разработать технологию его применения без участия оператора на всём протяжении работы до момента прибытия пожарных расчетов.

Список источников

1. Айфакс технологии «Понятие ущерба, виды и предотвращение» [Электронный ресурс]. URL: <https://системы-пожаротушения.рф/косвенный-ущерб-от-пожара-минимизир/> (дата обращения: (25.01.2026)).
2. Fireman.club «Косвенный ущерб от пожаров: понятие, виды» [Электронный ресурс]. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/kosvennyj-ushherb-v-pozharotushenii-ponyatie-i-vidy/> (дата обращения: (27.01.2026)).
3. Молодоженцев П.В., Ищенко А.Д. Некоторые основы локализации пожаров в зданиях на объектах энергетики // Материалы международной научно-технической конференции "Системы безопасности". 2023. № 32. С. 243-249. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_59459423_93394143.pdf (дата обращения: 21.01.2026).
5. Молодоженцев П.В., Ищенко А.Д. Технология применения пожарной техники и пожарно-технического вооружения при локализации пожаров на объектах энергетики // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 2(51). С.74-84 URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_68577956_48899514.pdf (дата обращения: 31.01.2026).
6. Мочалова Т.А., Сторонкина О.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учебное пособие. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – 145 с. URL: <https://new.edufire37.ru/document/t-24.pdf> (дата обращения: 28.01.2026).
7. Илюшов Н.Я. Пожаровзрывобезопасность. Огнетушащие вещества: учебное пособие / Н.Я. Илюшов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – 123 с. URL: <https://docviewer.yandex.ru/?tm=1769869080&tld=ru&lang=ru&name=dl.php?n=232309.pdf> (дата обращения: 01.02.2026).
8. Системы автоматической противопожарной защиты объекта URL: https://murmanvdpo.ru/img/all/3_sistemy_avtomaticheskoy_protivopozharnoy_zashity_obekta.pdf (дата обращения: 02.02.2026).

УДК 614.841.2
ББК 30в6

Максим Иванович Толстов

ФГКУ «Специальное правление ФПС № 20 МЧС России», Москва, Россия
(tolstov_mi@su20.77.mchs.gov.ru)

Сергей Геннадьевич Андросенко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (green01sa@yandex.ru, SPIN 9306-8680, ID: 764226)

Предложения по совершенствованию нормативной правовой базы в области обеспечения пожарной безопасности

Аннотация. В статье рассматриваются положения, недавно вступивших в силу, нормативных правовых актов, устанавливающих требования пожарной безопасности, сделан вывод о необходимости регулярного анализа на наличие правовой коллизии с иными нормами права.

Ключевые слова: МЧС России, нормативные правовые акты, правовая коллизия

Maksim I. Tolstov

Federal State Budgetary Institution «Special Directorate of FPS No. 10 of the Ministry of Emergency Situations of Russia», Moscow, Russia

Sergey G. Androsenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Proposals for improving the regulatory legal framework in the field of fire safety

Abstract. The article discusses the provisions of recently enacted regulatory legal acts that establish fire safety requirements, and concludes that it is necessary to regularly analyze the presence of legal conflicts with other legal norms.

Keywords: Ministry of Emergency Situations of Russia, regulatory legal acts, legal conflict

В нашей стране разработана сильная законодательная база по обеспечению безопасности, а также нормативные правовые документы, реализующие законы. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики, нормативному правовому регулированию, а также по надзору и контролю в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (далее - чрезвычайные ситуации), обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах [3]. Более детальнее становимся на обеспечении пожарной безопасности.

С учетом регуляторной гильотины, нормативные правовые акты в МЧС России, которые должны проходить регистрацию в Министерстве юстиции Российской Федерации, издаются на 5 лет. Так в текущем году вступили в силу приказы МЧС России от 16 сентября 2024 г. № 777 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ», от 13 января 2025 г. № 19 «Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах и Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, пожарно-спасательных гарнизонов для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ», от 5 февраля 2025 г. № 77 «Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной

охраны», от 24 апреля 2025 г. № 363 «Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны».

Приказом МЧС России от 13 января 2025 г. № 19 исключены требования к порядку разработки, корректировки планов тушения пожаров и карточек тушения пожаров. При этом статьей 21 Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» определено, что для производств в обязательном порядке разрабатываются планы тушения пожаров, предусматривающие решения по обеспечению безопасности людей.

Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности установлено понятие производственные объекты, и учитывая возможную правовую коллизию при осуществлении надзорных мероприятий или более того судебных дел по итогу тушения пожаров на производствах существует необходимость привести термины и определения в указанных законах к одному показателю, ведь толковый словарь Ожегова под производством понимает несколько смыслов, в том числе общественный процесс создания материальных благ, охватывающий как производительные силы общества, так и производственные отношения людей.

Имеются расхождения и в нормативных правовых актах МЧС России. Так, в порядке подготовки личного состава [6] сокращение ПТЗ не соответствует терминологии в Уставе подразделений [7], что также может создать правовую коллизию при проведении проверок подразделений и что более серьезнее при оспаривании возможных судебных решений за незаконные дисциплинарные взыскания.

Таким образом необходим постоянный нормативный правовой анализ и своевременная реакция на поддержание законодательных и иных нормативных правовых документов в актуальном состоянии.

Список источников

1. Федеральный закон "О пожарной безопасности" от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ (с изм. и доп.).
2. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (с изм. и доп.).
3. Указ Президента Российской Федерации от 11 июля 2011 г. № 868 «Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».
4. Приказ МЧС России от 16 сентября 2024 г. № 777 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».
5. Приказ МЧС России от 13 января 2025 г. № 19 «Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах и Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, пожарно-спасательных гарнизонов для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».
6. Приказ МЧС России от 5 февраля 2025 г. № 77 «Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны».
7. Приказ МЧС России от 24 апреля 2025 г. № 363 «Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны».

УДК 614.841.2
ББК 30в6

Виталий Валерьевич Маслов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (vitatay@yandex.ru, SPIN 2034-9194, ID: 1323842)

Андрей Сергеевич Жмуров

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (zhmurovandrey@yandex.ru)

Сергей Геннадьевич Андросенко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (green01sa@yandex.ru, SPIN 9306-8680, ID: 764226)

Григорий Витальевич Дидыч

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (didych1985@mail.ru)

Совершенствование организационной структуры местных пожарно-спасательных гарнизонов

Аннотация. В статье представлены результаты социологического исследования затрат рабочего времени на исполнение обязанностей по нештатной должности начальника местного пожарно-спасательного гарнизона. Выявлена системная проблема, заключающаяся в закономерностях превышения объективных трудозатрат при совмещении штатных и нештатных обязанностей должностных лиц пожарных подразделений. Предложена организационная модель деятельности местного пожарно-спасательного гарнизона «отдельный местный пожарно-спасательный гарнизон».

Ключевые слова: пожарно-спасательный гарнизон, гарнизонная служба, затраты рабочего времени на исполнение обязанностей по нештатной должности гарнизона, местные пожарно-спасательные гарнизоны, сельская местность, отдельный местный пожарно-спасательный гарнизон.

Vitaly V. Maslov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Andery S. Zhmurov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Sergey G. Androsenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Grigory V. Didych

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Improving the organizational structure of local fire and rescue garrisons

Abstract. The article presents the results of a sociological study on the working time spent on performing duties in the non-staff position of the head of a local fire and rescue garrison. A systemic problem has been identified, which lies in the patterns of exceeding objective labor costs when combining staff and non-staff duties of fire department officials. An organizational model for the activities of a local fire and rescue garrison, the "Separate Local Fire and Rescue Garrison," is proposed.

Keywords: fire and rescue garrison, garrison service, working time spent on performing duties in a non-staff garrison position, local fire and rescue garrisons, rural areas, separate local fire and rescue garrison.

На территории субъектов Российской Федерации создана система пожарно-спасательных гарнизонов (далее – ПСГ) (без учёта новых территорий), включающая:

- 85 территориальных ПСГ
- 1523 местных ПСГ в 2021 г.;
- 1547 местных ПСГ в 2022 г.;
- 1579 местных ПСГ в 2023 г.;
- 1547 местных ПСГ в 2024 г.

Общее количество Муниципальных образований (без учёта новых территорий) в субъектах Российской Федерации на территории которых предусмотрено законодательством создание местных ПСГ составляет 2339:

- 1346 Муниципальных района;
- 399 Муниципальных округов;
- 579 Городских округа;
- 3 Городских округа с внутригородским делением;
- 12 Внутригородских территорий города федерального значения.

Исключив из общего количества Муниципальных образований 564 территории городов в которых безусловно предусмотрено создание местных ПСГ получим 1745 муниципальных района (округа) – далее сельская территория.

Также за вычетом из общего количества местных ПСГ городских территорий получим 984 МПСГ организованных на сельской территории. Этот сравнительный анализ, а также уменьшение количества местных ПСГ по сравнению с 2023 годом, указывает на тенденцию организации гарнизонов в сельской местности преимущественно на территории двух и более муниципальных образований. Доля местных ПСГ от общего количества муниципальных образований имеет тренд на снижение.

Данный факт говорит о проблематике организации гарнизонной службы, а также выстраивании системы реагирования на пожары с привлечением дополнительных сил и средств, местных ПСГ в сельской местности и стремлением компенсировать риски связанные с неисполнением действующего законодательства в области обеспечения пожарной безопасности населения и территорий за счёт оптимизации (увеличение количества муниципальных образований входящих в состав местный ПСГ), там где это позволяет сделать территориальные особенности субъектов РФ (отсутствие транспортного сообщения, островные территории, огромные расстояния).

В настоящее время организация деятельности гарнизонной службы осуществляется следующими должностными лицами территориальных и местных ПСГ:

- начальником ПСГ;
- заместителями начальника ПСГ;
- оперативным дежурным ПСГ;
- диспетчером ПСГ.

На протяжении 2024 и 2025 года в Академии ГПС МЧС России проводилась научно-исследовательская работа в рамках совершенствования деятельности пожарно-спасательных гарнизонов. Проведена непосредственная работа на территории 49 субъектах Российской Федерации с общим охватом 709 местных ПСГ. В рамках исследования применялся системный подход, позволяющий провести анализ по всем направлениям деятельности пожарно-спасательных гарнизонов, в том числе выявление фактических трудозатрат на выполнение нештатных обязанностей проводились методом социологического опроса респондентов (анкетирования начальников местных ПСГ) в различных субъектах Российской Федерации и местных ПСГ в условиях территориальной разобщённости участников и отсутствия прямой связи с административными решениями по результатам анкетирования. Анкета содержала вопрос о фактических затратах времени на исполнение обязанностей по нештатной должности начальника местного ПСГ за типичную неделю, с предложенным типовым перечнем функциональных обязанностей по нештатной должности местного ПСГ.

Выявленные различия между группами и устойчивые статистические характеристики (близость средней и медианы) свидетельствуют в пользу достоверности полученных данных.

Анализ организации деятельности местных пожарно-спасательных гарнизонов в рамках проведённого исследования по выявлению должностных категорий пожарных подразделений, назначенных на должность начальника местного ПСГ, а также затраты рабочего времени на исполнение обязанностей по нештатной должности гарнизона приведены на рисунке 1.

Анализ организации деятельности местных пожарно-спасательных гарнизонов												
Обработаны данные из 709-и местных пожарно-спасательных гарнизонов												
Начальник местного пожарно-спасательного гарнизона, на исполнение обязанностей в среднеарифметических показателях затрачивает от 17,3 до 47,7 часов рабочего времени за неделю						Среднеарифметически - 32,46 часов за неделю Мода - 33,5 часов за неделю Медиан - 33,5125 часов за неделю						
№ п/п	Свод МПСГ по должностям	Начальник МПСГ										Общее количество МПСГ
		Начальник пожарно-спасательного отряда	Начальник пожарно-спасательной части	Начальник отряда ППС	Начальник части ППС	Начальник специальной пожарно-спасательной части специального управления	Начальник специального отдела специального управления	Начальник специального управления	Сотрудник органа ГПН	Начальник СПП	Начальник караула	
1	Итого	234	383	53	27	3	1	3	2	1	2	709
2	Доля от общего числа	33 %	54 %	7,5 %	3,8 %	0,4 %	0,1 %	0,4 %	0,3 %	0,1 %	0,3 %	100 %
Анализ перечня штатных должностных лиц пожарной охраны по замещению должности начальника местного пожарно-спасательного гарнизона												

Рисунок 1 – Анализ организации деятельности местных пожарно-спасательных гарнизонов

Полученные результаты среднее (32,46 ч.) и медиана (33,51 ч.) практически совпадают. Это говорит о том, что распределение затраты рабочего времени на исполнение обязанностей близко к нормальному (симметричному) и нет сильного смещения из-за экстремально низких или высоких значений. Большинство респондентов указали нагрузку, близкую к этим цифрам. Мода (33,5 ч.) означает, что наиболее часто респонденты указывали именно эту величину трудозатрат.

Исполнение обязанностей по нештатной должности отнимает у респондентов объем времени, сопоставимый с полноценной ставкой (более 0,8 ставки). Фактически это означает, что начальники гарнизонов работают на 1,8 ставки (своя основная работа плюс нештатная нагрузка).

Дисперсия составляет 230,64 условных квадратных единиц. Среднеквадратическое (стандартное) отклонение составляет 15,19 часа и означает очень высокий разброс мнений относительно среднего значения (32,46 ч.). Правило трёх сигм в рамках нормального распределения указывает, что основная масса значений (56,7%) попадает в интервал от 17,3 до 47,7 часов в неделю ($32,46 \pm 15,19$), это говорит о крайней неоднородности условий работы в гарнизонах в зависимости от территориальных особенностей мест дислокации и организационных структур местных ПСГ.

Полученные данные основаны на самоотчётах респондентов, что может сопровождаться определённой долей субъективизма. Тем не менее, анонимность опроса, территориальная разобщённость участников и отсутствие прямой связи с административными решениями позволяют предположить, что систематическое смещение минимально. Выявленные различия между группами и устойчивые статистические характеристики (близость средней и медианы) свидетельствуют в пользу достоверности полученных

результатов.

Полученное среднее значение 32,5 часа в неделю является надёжной оценкой трудозатрат начальников МПСГ, поскольку оно подкреплено высокой статистической согласованностью ответов: мода, медиана и среднее практически совпадают, а более половины респондентов (56,7%) указали нагрузку в пределах одного стандартного отклонения от среднего. Это свидетельствует о том, что субъективные оценки респондентов не являются случайными или произвольными, а отражают реальную картину, свойственную большинству гарнизонов.

Проведя анализ распределения штатных должностных категорий, назначенных на должность начальника местного ПСГ можно сделать вывод о том, что в 88 % это федеральная противопожарная служба, с долей в 54 % от общего числа, с назначением начальника пожарно-спасательной части ФПС ГПС начальником МПСГ (как правило сельская местность).

Вместе с этим стоит отметить значительный объём трудозатрат по должности начальника местного ПСГ. На основании обработанного материала выявлено, что начальник местного пожарно-спасательного гарнизона, на исполнение обязанностей в среднеарифметических показателях затрачивает от 17,3 до 47,7 часов рабочего времени в неделю, при этом все три показателя (среднее, мода и медиана) находятся в диапазоне 32,46 – 33,51 часа в неделю. Это очень высокий показатель, учитывая, что стандартная рабочая неделя в соответствии с трудовым законодательством Российской Федерации составляет 40 часов.

Наибольшая нагрузка по времени на исполнение штатных и нештатных обязанностей приходится на начальника пожарно-спасательной части, в то время как исполнение своих штатных обязанностей начальником отряда идентично с обязанностями начальника гарнизона. Вместе с тем объём выполняемой работы (трудозатрат), в случае, когда начальником гарнизона является начальник отряда, прямо пропорционально в зависимости от количества муниципальных образований, входящих в состав местного ПСГ, удалённости этих муниципальных образований и количества подразделений пожарной охраны местного ПСГ, что в свою очередь на прямую влияет на эффективность решаемых задач гарнизоном.

Критический объём дополнительной нагрузки 32,5 часа в неделю — это фактически вторая работа. Учитывая, что у респондентов есть прямые функциональные обязанности по основной должности, такая нагрузка с высокой вероятностью ведет к:

1. Профессиональному выгоранию.
2. Формальному исполнению обязанностей (либо по основной должности, либо по нештатной).
3. Сверхурочной работе, переработке.

Немаловажным проблемным вопросом является наличие конфликта интересов, когда начальник пожарно-спасательной части с одной стороны должен организовывать караульную службу в вверенном ему подразделении и одновременно в рамках организации гарнизонной службы должен осуществлять проверку своего же подразделения, но уже в качестве должностного лица местного ПСГ в частности по нештатной занимаемой должности начальника местного ПСГ или оперативного дежурного, что противоречит общепринятым принципам организации службы, непредвзятости, способствует двойным стандартам и негативно сказывается на морально-психологическом состоянии личного состава остальных подразделений ПСГ и в целом на боевом духе личного состава местного гарнизона.

На основе проведенного анализа трудоёмкости (трудозатрат начальника местного ПСГ, а также наличие конфликта интересов наиболее оптимальная модель организации деятельности местного пожарно-спасательного гарнизона, не требующая финансовых затрат и внесение изменений в действующее законодательство в области обеспечения пожарной безопасности, представляется в следующем виде:

1. Приведение местных пожарно-спасательных гарнизонов к организационно-штатной структуре пожарно-спасательных отрядов, по принципу один отряд является одним местным ПСГ с назначением на должность начальника местного ПСГ начальника отряда.
2. В случае отсутствия возможности приведения местных пожарно-спасательных

гарнизонов к организационной структуре пожарно-спасательных отрядов, по принципу один отряд является одним местным ПСГ, в виду особенностей территории (удалённости, географических особенностей, отсутствие транспортного сообщения и т.п.), предлагается наличие нескольких местных ПСГ (Рисунок 2) на территории одного пожарно-спасательного отряда с наличием собственного нештатного органа управления **отдельного местного ПСГ** в составе должностных категорий «Начальник МПСГ», «Зам. Начальника - оперативный дежурный МПСГ», «Диспетчер МПСГ» и «Водитель».

Такой отдельный местный ПСГ самостоятелен в организации тушения пожаров и проведении АСР, реализации задач гарнизонной службы в повседневной деятельности, при этом входит в зону ответственности органа управления пожарно-спасательного отряда с точки зрения оперативно-служебной деятельности, методического сопровождения и документооборота. Допускается комплектовать орган управления отдельного местного ПСГ на территории отряда должностными категориями «работник» исходя из штатного расписания и местных условий.



Рисунок 2 – Несколько местных ПСГ на территории одного пожарно-спасательного отряда

№ п/п	Условное изображение	Наименование	Примечание
1.	 Семж	Город	
2.	 Никсинск	Районный центр	
3.		Нештатный орган управления МПСГ	Начальник МПСГ – Нач. ПСО Зам. нач. МПСГ – зам. нач. ПСО В состав ПСО входит СПГ и ЦППС
4.		Штатный орган управления отдельного МПСГ в составе ПСО	Начальник МПСГ - 1 ед. Зам. нач. МПСГ - оперативный дежурный МПСГ - 5 ед. Диспетчер МПСГ – 5 ед. Водитель ПА – 5 ед.
5.		Граница ПСО	
6.		Граница отдельного МПСГ со своим штатным органом управления в составе ПСО	
7.		Граница МПСГ со своим нештатным органом управления	

Рисунок 3 – условные обозначения

Реализация предложенных моделей не потребует дополнительных затрат финансовых средств, изменений в действующие нормативно-правовые акты в области обеспечения пожарной безопасности, подзаконные приказы системы МЧС России о порядке организации гарнизонной службы, позволит оптимизировать нагрузку на должностных лиц и устраним конфликт интересов, а также повысит эффективность гарнизонной службы, особенно в сельской местности.

Список источников

1. Федеральный закон Российской Федерации от 21.12.1994 N 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Постановление Правительства РФ от 20 июня 2005 г. N 385 «О федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы»
3. Приказ МЧС России от 13.01.2025 года № 19 «Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах и Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, пожарно-спасательных гарнизонов для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».
4. Приказ МЧС России от 24.04.2025 г. № 363 «Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны».

УДК 614.849
ББК 68.9

Михаил Юрьевич Софроненко

Российско-Армянский центр гуманитарного реагирования

Александр Васильевич Подгрушный

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (grysha011@mail.ru), ID: 410575)

Константин Юрьевич Кириченко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (Konstantin.01@mail.ru), SPIN 8762-4815, ID: 769330)

Артур Вячеславович Мирзаянц

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (A.Mirzayanc@academygps.ru), SPIN 2886-4032, ID: 766974)

Концепция создания и развития учебно-методического центра для подготовки пожарных и спасателей новой формации

Аннотация: Современное усложнение городской среды и технологических процессов на объектах промышленности, являют возникновение новых типов угроз для человека и окружающей его среды. Деятельность пожарно-спасательных служб нуждается в регулярной трансформации с учётом постоянно обновляющихся компетенций и расширением круга решаемых задач на месте вызова. В статье представлена концепция создания и развития новых подходов к профессиональной подготовке пожарных и спасателей образовательными организациями.

Ключевые слова: пожарная охрана, профессиональная подготовка, пожарный, спасатель, учебный центр, учебный пункт.

Mikhail Y. Sofronenko

Russian-Armenian Humanitarian Response Center

Alexander V. Podhrushny

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Konstantin Y. Kirichenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Artur V. Mirzayants

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

The concept of creating and developing a training and methodological center for training firefighters and rescuers of a new generation

Abstract: The modern complexity of the urban environment and technological processes at industrial facilities is causing new types of threats to humans and their environment. The activities of fire and rescue services need to be regularly transformed, taking into account the constantly evolving competencies and expanding the range of tasks that need to be solved on the spot. This article presents the concept of creating and developing new approaches to the professional training of firefighters and rescue workers by educational organizations.

Keywords: fire department, professional training, firefighter, rescuer, training center, training point.

1. Общие положения

Современное усложнение городской среды и технологических процессов на объектах промышленности, являют возникновение новых типов угроз для человека и окружающей его

среды. Как следствие повышается цена профессиональной ошибки. Деятельность пожарно-спасательных служб нуждается в регулярной трансформации с учётом постоянно обновляющихся компетенций и расширением круга решаемых задач на месте вызова. Однако система профессиональной подготовки зачастую остаётся на том же уровне, не успевая за динамикой изменения профессиональных рисков (т.н. «культура отставания» или «культурное отставание»). На сегодняшний момент подготовка пожарных и спасателей подразделяется на следующие виды:

- первоначальная подготовки пожарного (включает в себя стажировку и, собственно, первоначальную подготовку). После освоения программы и сдачи экзамена, обучаемому присваивается квалификация «пожарный»;

- первоначальная подготовка спасателя, после итоговой аттестации слушателю выдаётся сертификат, на основании которого гражданин Российской Федерации допускается к аттестации в территориальной или ведомственной аттестационной комиссии на квалификацию «спасатель»;

- профессиональная подготовка. Подготовка личного состава пожарно-спасательных подразделений осуществляется в режиме повседневной деятельности согласно документации, разработанной и утверждённой территориальным органом МЧС России.

Первоначальное обучение проводится в образовательных организациях, осуществляющих образовательную деятельность на основании лицензии на осуществление образовательной деятельности (Часть 1 статьи 91 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»). Образовательные программы самостоятельно разрабатываются и утверждаются организацией, осуществляющей образовательную деятельность, если данным федеральным законом не установлено иное. Подготовка проводится в виде классно-групповых и практических занятий, а также организовано несение службы в составе дежурного караула учебной пожарной части. На сегодняшний день встречаются формы частичного дистанционного обучения. Порядок организации и осуществления обучения данных категорий имеет существенные различия в субъектах Российской Федерации как в отношении реализации процесса обучения, так и касаясь преподавательского состава. Состав преподавателей - штатные сотрудники (работники) учебных центров (пунктов) по видам дисциплин, нештатные сотрудники или работники из состава пожарных подразделений, специалисты сторонних специализированных организаций, привлекаемые по темам подготовки. Наличие всех отличий имеет как свои положительные, так и отрицательные стороны.

Профессиональная подготовка в подразделениях пожарной охраны (минимальная учебная годовая нагрузка - 192 часа) проводится под руководством начальника подразделения, основная часть по реализации профессиональной подготовкой личного состава караулов (смен) осуществляется начальниками караулов (дежурных смен). Для организации и проведения занятий с личным составом в каждом подразделении пожарной охраны должен быть оборудован учебный класс, обеспеченный техническими средствами обучения, учебной литературой и наглядными пособиями. Для проведения занятий по практической части профессиональной и физической подготовки должны быть оборудованы учебно-тренировочные комплексы, спортивные городки, площадки, залы или комнаты. Также осуществляются различные формы тактической подготовки на объектах защиты в районе выезда подразделения.

Анализируя опыт зарубежных государств в деле подготовки пожарных специалистов, наибольший интерес вызвала система подготовки пожарных и спасателей, разработанная в Великобритании, прототипом которой послужила система подготовки пилотов гражданской авиации. Для начала обучения кандидат в пожарные регистрируется на сайте учебного центра, где получает доступ в личный кабинет, через который он получает онлайн-доступ к методическим материалам по видам подготовки, включающей в себя не только пожарную тематику, но и основы проведения спасательных работ. В каждом разделе существует

текстовая информация, обучающие видеоролики, обучающая анимация, сопровождающаяся объяснением, тактические задачи и тесты для самопроверки.

Когда кандидат считает, что он готов к сдаче промежуточного экзамена, и осуществив запрос - получает ссылку, по которой за тридцать минут должен ответить на 30 вопросов в виде теста, выбранных методом случайного набора из 2500 вопросов. Основная часть вопросов теста включает себя имеющиеся в общей программе вопросы на самопроверку.

В случае успешной сдачи экзамена, кандидат получает промежуточный сертификат, который является допуском на практическую полигонную подготовку. Повторная и последующие сдачи экзаменов являются платными.

Практическая полигонная подготовка для пожарных добровольцев длится 2 недели, для пожарных на платной основе 1 месяц.

Кандидат прибывает в учебный центр, включается в состав учебной группы из 6-7 человек (стандартный расчёт на пожарной автоцистерне (АЦ) в Великобритании) и занимается только практической подготовкой. К каждой учебной группе прикреплен пожарный инструктор, который проводит большую часть практических занятий. На некоторые виды подготовки привлекаются инструктора по специализации, например, работа по извлечению из завалов, ликвидация последствий ДТП, АХОВ/HAZMAT, высотная подготовка, подготовка по спасению на водах. Но такой подготовки практикуется мало, в большинстве случаев инструктор, ведущий подготовку группы, имеет высокую квалификацию и инструкторский допуск на все, или большую часть видов подготовки. При этом инструктор не является штатным работником учебного центра, а работает зачастую по договору, являясь штатным работником пожарной части.

Выпускной экзамен проводится в виде практической многофакторной задачи в тактическом городке. При этом инструктор заполняет на каждого участника обучения отзыв, который далее поступает в пожарную часть. Выпускной экзамен принимается комиссией учебного центра в виде практической работы по внезапному сценарию.

Инструктор имеет право отстранить участника от прохождения практической подготовки в случае выявления слабой теоретической базы, или грубого нарушения правил охраны труда.

В Великобритании принята практика переаттестации пожарных, которая проходит 1 раз в 2 года. Пожарные в подразделении сдают тест по онлайн-программе первоначальной подготовки учебного центра и проходят двухнедельные сборы в полигонном центре, где отрабатывают практические задачи под руководством инструктора. Четыре дня из этих сборов проходят как классно-групповые занятия, посвящённые инновациям в пожаротушении и спасательных операциях.

Профессиональная подготовка на рабочем месте заключается в самостоятельном доступе пожарного к онлайн-программе учебного центра с периодическим контролем знаний руководством пожарной части и практическими занятиями. Практические занятия проводятся 1 раз в месяц с отрывом от дежурства в формате так называемого тренинг-дня: караул пожарной части на резервной технике убывает на полигон учебного центра или на полигон территориального подразделения, где, либо под руководством начальника караула, либо, по согласованию, под руководством инструктора, проводит занятия на тактическом городке по отработке практических задач в составе караула или отделения. По итогам тренинг-дня на каждого пожарного заводится специальная учётная карточка с отражением его личных характеристик по пройденной подготовке.

2. Проблематика

Анализируя проблемные стороны в отношении профессиональной подготовки личного состава караулов подразделений пожарной охраны России, авторами статьи были выявлены наиболее проблемные позиции:

- система подготовки младших командиров оперативно-тактического состава (командиры отделений, звеньев, групп) сведена до минимального, а зачастую и до формального уровня;

- методическая база подготовки пожарных проходит обновления не на регулярной основе и в целом, фактически вся учебная литература и информационная составляющая занятий базируется на материалах, учебных пособиях времён СССР, переориентированных под потребности перехода в новую структуру МЧС России. И это притом, что радикально изменилась техника пожаротушения, появились новые методы и технологии процессов тушения. В корне изменилась пожарная нагрузка, и, как следствие, динамика и опасные факторы пожара. Современный пожар на порядок стал интенсивнее и опаснее;

- на территории большинства населённых пунктов по причине отсутствия или малочисленности спасательных формирований на пожарные подразделения возложены функции по проведению работ не только на пожаре, но и на водах, газоспасательные работы, поисково-спасательные работы в условиях завалов, дорожно-транспортных происшествий и т.д. В программе подготовки пожарного мало вопросов, связанных с проведением такого рода спасательных работ;

- в пожарно-спасательных гарнизонах, за очень небольшим исключением, отсутствуют полигонные центры и огневые симуляторы. Практическая подготовка пожарных сводится к занятиям на учебных башнях, свежем воздухе, в теплодымокамере и на огневой психологической полосе, сама идея которой, в свете развития технологий пожаротушения и психологической подготовки устарела морально. Отсутствуют учебные объекты, где можно было бы решать в составе подразделений тактические задачи в комплексе или на фрагментах;

- некоторые компании выпускают тренажёры для работы на дорожно-транспортном происшествии. Но эти тренажёры рассчитаны только на один вид дорожно-транспортного происшествия - «лобовое столкновение с зажатием» и на них не отрабатываются вопросы зажатия при опрокидывании автомобиля, работы при дорожно-транспортных происшествиях с грузовыми автомобилями и автобусами;

- отсутствуют разработанные решения по полигонной базе АХОВ/HAZMAT и проведении газоспасательных работ. Имеющиеся в некоторых гарнизонах полигоны, посвящённые этим вопросам, построены «хозспособом», фактически «из того, что было на свалке»;

-отсутствует объективная система оценки знаний, умений и навыков пожарных, основанная на современных технологиях. Имеющиеся компьютерные тесты не отражают весь спектр вопросов, а зачастую, и просто страдают отсутствием валидности;

- частое отвлечение личного состава в часы подготовки на работы, никак не связанные с выполнением задач на пожарах и местах ЧС.

Данный список проблемных вопросов можно продолжать. Но в целом следует отметить, что уровень методической и учебной базы подразделений в настоящий момент находится на низком уровне, за очень редким исключением, особенно в части моделирования условий тушения в районе выезда пожарно-спасательного подразделения и гарнизона.

3. Предлагаемые решения

В соответствии с Федеральным законом от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» допускается часть подготовки перевести в дистанционный режим. Учитывая вышесказанное, теоретическую подготовку пожарных и спасателей возможно вывести в IT обучение и самоподготовку, с промежуточной аттестацией и полностью сфокусироваться на практической подготовке. Таким образом, образовательная организация может взять за основу элементы британской модели подготовки, при условии наличия хорошей полигонной базы.

На первом этапе создания учебной организации (центра) разрабатывается защищённый сайт с функциями, необходимыми для учебного процесса: системы приёма платежей.

На втором этапе создаётся тренировочный полигон в составе:

- модульная пожарная часть на 2-3 хода, с учебными классами и ремонтной базой;
- учебная точка «Базовый огневой симулятор»;
- учебная точка «Атакующий огневой симулятор»;
- учебная точка «Тактический городок»;

- учебная точка «АХОВ/HAZMAT»;
- учебная точка «Газоспасение»;
- учебная точка «Завал»;
- учебная точка «ДТП»;
- учебная точка «Работа на высоте»;
- учебная точка «Приведение сил и средств в готовность и маневрирование стволом»;
- учебная башня.

Содержание и формирование учебных точек будет зависеть от наполнения методического контента.

На третьем этапе учебная организация (центр) проходит Государственное лицензирование на право осуществления образовательной деятельности с выдачей сертификатов государственного образца.

Предполагаемая целевая аудитория учебной организации (центра):

- пожарные и спасатели Государственной противопожарной службы;
- пожарные и спасатели любого региона Российской Федерации или стран СНГ;
- частные пожарно-спасательные формирования;
- пожарно-спасательные формирования ведомственной пожарной охраны;
- пожарные-добровольцы;
- спасатели-волонтеры и волонтерские организации;
- представители образовательных учреждений в области подготовки пожарных и спасателей.

Реализация проекта (схемы) учебной организации (центра) позволит достичь экономического эффекта высокой степенью окупаемости за счёт охвата аудитории, снижение расходов на содержание преподавательского состава, выбора удобного времени обучаемым и перераспределения временных затрат на обучение, повышения уровня практической отработки по направлениям обучения, преобразования и усовершенствования форм обучения под потребности нынешнего времени и потребности заказчика, организация и проведение выездных форм обучения на площадке заказчика.

Список источников

1. Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».
2. Андросенко С.Г., Ищенко А.Д., Кириченко К. Ю., Клименти Н.Ю., Соковнин А.И., Тараканов Д.В. Результаты выборочного анализа деятельности пожарно-спасательных гарнизонов в Российской Федерации / Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2025. № 2. 63-71 с.
3. Ищенко А. Д., Андросенко С. Г., Кириченко К. Ю. Предложения по нормированию численности специализированных пожарно-спасательных частей ФПС ГПС МЧС России / Технологии техносферной безопасности. 2023. Вып. 2 (100). С. 37-48.
4. Материалы НИР 2024-2025гг «Научно-методическое сопровождение деятельности пожарно-спасательных гарнизонов».
5. Харисов Г.Х., Мирзаянц А.В. Обоснование самоспасания людей при пожаре со второго и выше этажей при помощи спасательной верёвки. // научный журнал «Пожары и чрезвычайные ситуации» №4, 2018 г., с.85-88.
6. Харисов Г.Х. Основы безопасности жизнедеятельности. Курс лекций. - М: МИПБ МВД России, 1998. - 89 с.

УДК 614.849
ББК 68.9

Константин Юрьевич Кириченко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (Konstantin.01@mail.ru, SPIN 8762-4815, ID: 769330)

Андрей Андреевич Ежов

ФГБУ ВО «Академия Государственной Противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (andrey.ezhov.03@mail.ru)

Эльнур Эльчинович Шарифов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (elnur200319@gmail.com)

Анализ прикрытия территории и численность личного состава пожарно-спасательных гарнизонов Российской Федерации

Аннотация. В статье представлены результаты анализа системы прикрытия территории и населения Российской Федерации за период 2023–2025 гг. подразделениями пожарно-спасательных гарнизонов. Проведено сопоставление численности сотрудников и работников в составе гарнизонов. Полученные данные могут быть использованы при планировании организационно-штатных решений и совершенствовании кадрового обеспечения.

Ключевые слова: пожарно-спасательный гарнизон, прикрытия территории, подразделения пожарной охраны, сотрудники, работники.

Konstantin Y. Kirichenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Andrey A. Ezhov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Elnur E. Sharifov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Analysis of the territory coverage and the number of personnel in the fire and rescue garrisons of the Russian Federation

Abstract. The article presents the results of an analysis of the system of covering the territory and population of the Russian Federation for the period 2023–2025 by fire and rescue garrisons. The number of employees and workers in the garrisons has been compared. The data obtained can be used in planning organizational and staffing decisions and improving personnel support.

Keywords: fire and rescue garrison, territory coverage, fire brigade units, employees, and workers.

Основными задачами пожарной охраны являются организация и проведение мероприятий по профилактике пожаров, спасение людей и имущества, а также оказание первой помощи пострадавшим, организация и выполнение действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ. Одно из направлений по реализации указанных задач обеспечивается функционированием системы пожарно-спасательных гарнизонов, деятельность которых направлена на обеспечение прикрытия территории и населения страны от пожаров и их последствий. Система пожарно-спасательных гарнизонов формируется с учётом административно-территориального устройства Российской Федерации. Эффективность функционирования данной системы во многом определяется рациональностью территориального распределения подразделений и достаточностью

кадрового обеспечения. В рамках проводимого исследования проведён анализ статистических данных за период 2023–2025 гг., характеризующих количество пожарно-спасательных гарнизонов, распределение подразделений по федеральным округам, степень прикрытия населённых пунктов и населения, а также численность личного состава подразделений пожарной охраны. Обобщение и систематизация указанных показателей позволяют оценить текущее состояние организации системы прикрытия территории и населения от пожаров силами и средствами пожарно-спасательных гарнизонов.

Прикрытие территории и населения Российской Федерации подразделениями пожарной охраны осуществляется посредством функционирования территориальных и местных пожарно-спасательных гарнизонов. Указанные гарнизоны формируются по принципу объединения районов выезда подразделений различных видов пожарной охраны в пределах установленных границ, обеспечивающих оперативное реагирование на пожары и иные чрезвычайные ситуации. Границы территориальных пожарно-спасательных гарнизонов, устанавливаются в пределах границ субъектов Российской Федерации, что обеспечивает согласованность управления силами и средствами на региональном уровне. Формирование местных пожарно-спасательных гарнизонов осуществляется с учётом административно-территориального деления, численности и плотности населения, уровня развития транспортной инфраструктуры, особенностей застройки, географических условий и иных факторов. Таким образом, структура пожарно-спасательных гарнизонов формирует основу системы территориального прикрытия, обеспечивая распределение сил и средств с учётом региональных особенностей. Количественные показатели территориальных и местных пожарно-спасательных гарнизонов, а также входящих в их состав подразделений по федеральным округам представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Количество территориальных и местных пожарно-спасательных гарнизонов по федеральным округам Российской Федерации

Наименование федерального округа	Количество ТПСГ	Количество МПСГ	Количество подразделений в гарнизонах
СЗФО	11	129	1817
ЦФО	18	439	3978
ЮФО / с новыми территориями	8 / 12	147 / 189	1874 / 2071
СКФО	7	92	561
ПФО	14	239	6937
УФО	6	70	2050
СФО	10	220	4000
ДФО	11	201	2423
Итого / с новыми территориями	85 / 89	1537 / 1579	20040 / 20237

Численность населения и его территориальная плотность относятся к числу ключевых факторов, определяющих потребность в силах и средствах пожарной охраны. Объём и распределение ресурсов подразделений напрямую зависят от демографических показателей, уровня урбанизации и характера застройки на территории субъектов Российской Федерации. В этой связи анализ территориального распределения пожарно-спасательных гарнизонов приобретает системное значение. Планирование и обеспечение эффективного функционирования гарнизонов требует учёта комплекса взаимосвязанных условий, включая природно-климатические особенности регионов, протяжённость транспортной сети, экономическое развитие территории и специфику размещения населённых пунктов. Совокупность указанных факторов формирует различия в нагрузке на подразделения и определяет требования к их количественному и организационному составу. Таким образом,

оценка территориального прикрытия должна рассматриваться не изолированно, а в контексте социально-экономических и географических характеристик субъектов РФ в составе федеральных округов.

Одним из приоритетных направлений деятельности подразделений пожарной охраны является обеспечение прикрытия территории района выезда. Под прикрытием в рамках настоящего исследования понимается совокупность организационных и оперативных мероприятий по использованию сил и средств, направленных на предупреждение пожаров, их своевременное обнаружение и тушение, а также минимизацию возможных последствий для населения, объектов экономики и природной среды. Степень прикрытия определяется наличием подразделений пожарной охраны в пределах нормативного времени прибытия к месту возможного возникновения пожара, а также достаточностью их ресурсного обеспечения. Анализ данного показателя позволяет оценить эффективность территориальной организации системы пожарно-спасательных гарнизонов и выявить участки, требующие дополнительного внимания при планировании развития сети подразделений.

Сведения о прикрытии населённых пунктов и населения подразделениями территориальных пожарно-спасательных гарнизонов за период 2023–2025 гг. (без учёта новых территорий) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели прикрытия населённых пунктов и населения подразделениями пожарно-спасательных гарнизонов по федеральным округам РФ

Федеральный округ	населенные пункты	население	из них прикрыто:	
			населенных пунктов	населения
СЗФО	29918	13858500	24013	13538045
ЦФО	59968	40248674	56104	38448505
ЮФО	7543	16606575	6703	16144497
СКФО	3423	10281009	3014	9563460
ПФО	34282	28474755	32806	27775062
УФО	5960	1 272516	5383	12099975
СФО	10219	16530019	9126	15817384
ДФО	4430	7863311	3577	7625212

Анализ представленных данных показывает, что подавляющая часть территории Российской Федерации и основная доля населения находятся в зоне прикрытия подразделениями пожарно-спасательных гарнизонов. Неприкрытые участки, как правило, относятся к труднодоступным, малонаселённым или удалённым территориям, где создание и содержание постоянных подразделений пожарной охраны сопряжено с экономическими и организационными ограничениями. В целях повышения уровня прикрытия указанных территорий реализуются меры по развитию сети добровольной пожарной охраны, а также совершенствованию взаимодействия существующих подразделений. Данная практика позволяет компенсировать территориальные особенности отдельных регионов и обеспечивать требуемый уровень реагирования на пожары. Для наглядного представления степени прикрытия населённых пунктов по федеральным округам соответствующие показатели представлены на рисунке 1.

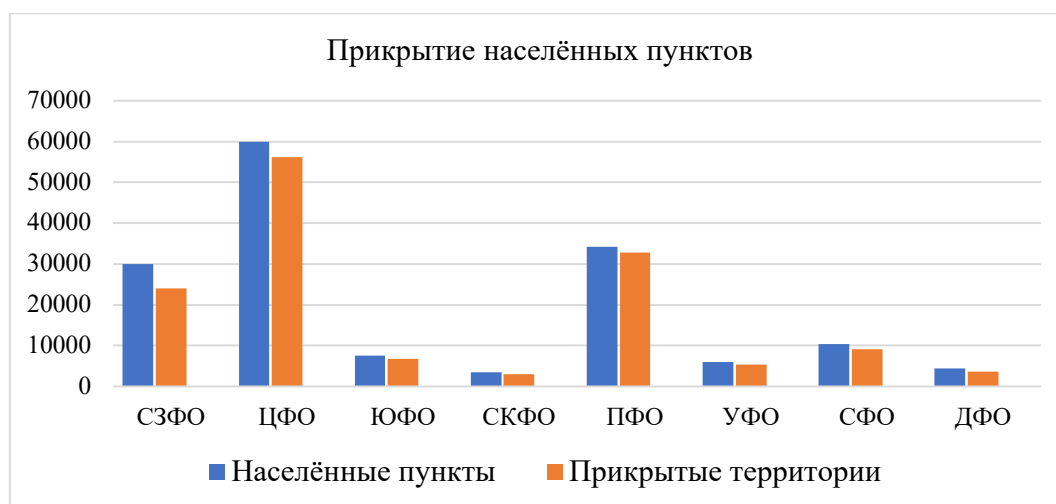


Рисунок 1 – Уровень прикрытия населённых пунктов подразделениями пожарно-спасательных гарнизонов по федеральным округам Российской Федерации

Территориальное распределение подразделений пожарной охраны является лишь одной из составляющих обеспечения эффективного функционирования системы прикрытия. Существенное значение имеет кадровое обеспечение деятельности пожарно-спасательных гарнизонов, определяющее их способность выполнять возложенные задачи в полном объёме и в установленные сроки. Ежедневная деятельность подразделений пожарной охраны включает широкий спектр задач, реализуемых в условиях различной оперативной обстановки. Качество их выполнения напрямую зависит от численности, структуры и профессиональной подготовки личного состава. В этой связи анализ кадровых показателей представляет собой необходимый элемент комплексной оценки состояния системы пожарно-спасательных гарнизонов. В рамках исследования произведён сбор, систематизация и анализ данных о численности личного состава пожарно-спасательных гарнизонов в разрезе федеральных округов Российской Федерации. Статистические показатели представлены по двум категориям: сотрудники и работники. Обобщённые сведения приведены в таблице 3

Таблица 3 – Численность личного состава подразделений пожарной охраны по федеральным округам Российской Федерации

Федеральные округа	Количество субъектов	Количество личного состава	Сотрудников	Работников
СЗФО	11	39121	6089	33032
ЦФО	18	80297	17517	62780
ЮФО	12	47300	11984	35316
СКФО	7	14855	3829	11026
ПФО	14	95153	16075	79078
УФО	6	41134	8958	32176
СФО	10	59972	10392	49580
ДФО	11	41277	4525	36752
Итого	89	419109	79369	339740

Анализ данных, представленных в таблице 3, показывает, что структура личного состава пожарно-спасательных гарнизонов по федеральным округам характеризуется устойчивым преобладанием работников над сотрудниками. Данная пропорция сохраняется вне зависимости от численности населения и территориальной протяжённости в соответствующих округах. Сходство соотношений категорий личного состава подразделений

пожарно-спасательных гарнизонов в различных федеральных округах указывает на применение единых организационных подходов к формированию штатной структуры. При этом абсолютные показатели численности личного состава коррелируют с масштабом территории и демографическими характеристиками регионов.



Рисунок 2 – Соотношение численности сотрудников и работников подразделений пожарной охраны по федеральным округам Российской Федерации

Проведённый анализ позволил оценить состояние системы прикрытия территории и населения по федеральным округам Российской Федерации подразделениями пожарно-спасательных гарнизонов за период 2023–2025 гг., а также распределения личного состава. Установлено, что подавляющая часть территории и населения страны находится в зоне прикрытия пожарно-спасательных гарнизонов. Анализ кадровых показателей показал устойчивое преобладание работников над сотрудниками во всех федеральных округах при сохранении сходных пропорций в структуре личного состава. Полученные данные отражают действующую модель организационно-кадрового обеспечения системы и могут быть использованы при планировании её дальнейшего развития.

Список источников

1. Материалы НИР 2024-2025гг «Научно-методическое сопровождение деятельности пожарно-спасательных гарнизонов».
2. Андросенко С.Г., Ищенко А.Д., Кириченко К. Ю., Клименти Н.Ю., Соковнин А.И., Тараканов Д.В. Результаты выборочного анализа деятельности пожарно-спасательных гарнизонов в Российской Федерации / Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2025. № 2. 63-71 с.
3. Ищенко, А. Д. Предложения по нормированию численности специализированных пожарно-спасательных частей ФПС ГПС МЧС России / А. Д. Ищенко, С. Г. Андросенко, К. Ю. Кириченко // Технологии техносферной безопасности. – 2023. – № 2(100). – С. 37-48. – DOI 10.25257/TTS.2023.2.100.37-48. – EDN NULCCG.
4. Ищенко А.Д., Кириченко К.Ю., Киселев Д.В. Специализированные подразделения пожарной охраны / Материалы VIII Международной научно-практической конференции Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации. М.: Академия ГПС МЧС России, 2022. Часть № 2. – С. 154 – 161
5. Андросенко, С. Г. Формализация и постановка задач управления при пожаротушении / С. Г. Андросенко // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 2(66). – С. 128-133. – EDN YGDJWP.

УДК 614.849
ББК 68.9

Эльнур Эльчинович Шарифов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (elnur200319@gmail.com, SPIN 8604-7437)

Константин Юрьевич Кириченко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (Konstantin.01@mail.ru, SPIN 8762-4815, ID: 769330)

Сергей Геннадьевич Андросенко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (green01sa@yandex.ru, SPIN 9306-8680, ID: 764226)

Прикрытие подразделениями пожарной охраны населенных пунктов и населения Южного федерального округа

Аннотация. Статья посвящена проблеме обеспечения пожарной безопасности населения и населенных пунктов Южного федерального округа, обладающего разнообразными природными ландшафтами — от обширных степных пространств и сельскохозяйственных угодий до предгорных и горных лесных массивов Северного Кавказа, а также развитым транспортным комплексом с ключевыми морскими портами и судоходными внутренними водными путями. Представлены статистические данные о качественно-количественном составе подразделений пожарно-спасательных гарнизонов.

Ключевые слова: пожарная охрана, прикрытие территорий и населения, пожарно-спасательный гарнизон, виды пожарной охраны, пожарная и техносферная безопасность.

Elnur E. Sharifov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Konstantin Y. Kirichenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Sergey G. Androsenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Protection by fire departments of settlements and the population of the Northwestern Federal District

Abstract. This article addresses the challenges of ensuring fire safety for the population and settlements of the Southern Federal District of Russia. The region is characterized by diverse landscapes ranging from vast steppe territories and extensive agricultural lands to foothill and mountainous forest areas of the North Caucasus, as well as by a well-developed transportation infrastructure featuring major seaports and navigable inland waterways. Statistical data on the structure and staffing levels of fire and rescue garrison units are presented.

Keywords: fire protection, protection of territories and population, fire and rescue garrison, types of fire protection, fire and technosphere safety.

Одной из актуальных проблем как для государства, так и для пожарной охраны в настоящее время является вопрос прикрытия подразделениями пожарной охраны населенных пунктов и населения нашей страны. Для рассмотрения данного вопроса был выбран Южный федеральный округ (за исключением новых территорий). В данной статье предлагается рассмотреть значимость обеспечения его защищенности заключается в следующих причинах:

1. Климатические особенности и высокая пожарная опасность. Южный федеральный округ характеризуется континентальным и сухим климатом с продолжительным жарким

летом, низкой относительной влажностью воздуха и частыми периодами засухи. В летние месяцы температура регулярно превышает климатическую норму, что приводит к установлению высокой пожарной опасности на обширных территориях округа, включая Ростовскую, Волгоградскую и Астраханскую области. Такие условия способствуют быстрому распространению как лесных, так и степных пожаров, а также возгораний на сельскохозяйственных угодьях.

2. Степные ландшафты и особенности распространения огня. Значительная часть территории ЮФО занята степными экосистемами, где степные пожары распространяются с высокой скоростью из-за сухой растительности и сильных ветров. В отличие от лесных пожаров, степные возгорания охватывают обширные площади в кратчайшие сроки, угрожая не только природным территориям, но и населенным пунктам, инфраструктуре и сельскохозяйственным объектам, расположенным в непосредственной близости от степных массивов.

3. Высокая плотность населения и урбанизация. Южный федеральный округ насчитывает более 16,5 млн человек (11,35% населения РФ) при плотности 36,7 чел./км², включая крупные городские агломерации: Ростов-на-Дону, Краснодар, Волгоград, а также курортные зоны Черноморского побережья. Высокая концентрация населения в сочетании с развитой инфраструктурой и наличием объектов повышенной пожарной опасности (нефтебазы, перерабатывающие предприятия) создает условия для возникновения массовых чрезвычайных ситуаций с многочисленными жертвами и значительным материальным ущербом.

4. Агропромышленный комплекс как основа экономики региона. ЮФО является одним из ключевых сельскохозяйственных регионов России, производящим значительную долю зерновых, овощей, фруктов и продукции виноградарства. Пожары на сельскохозяйственных угодьях и в хранилищах урожая могут привести к катастрофическим потерям продовольственных ресурсов, усугубляя последствия климатических аномалий. Это напрямую угрожает продовольственной безопасности не только округа, но и страны в целом.

5. Стратегическая транспортная и промышленная инфраструктура. Округ выполняет роль транспортного коридора между центральными регионами России, Кавказом и странами Причерноморья, что обуславливает высокую концентрацию объектов нефтепереработки, хранения ГСМ и химической промышленности. Возгорания на таких объектах несут угрозу масштабных техногенных катастроф.

6. Развитие рекреационной сферы и сезонная нагрузка. Черноморское побережье Краснодарского края и Республики Крым представляет собой крупнейший в России курортный регион, ежегодно принимающий миллионы туристов. Сезонная концентрация населения в сочетании с высокой пожарной нагрузкой в летний период требует особого внимания к обеспечению пожарной безопасности в рекреационных зонах, где эвакуация людей в условиях ЧС представляет повышенную сложность.

Обеспечение высокого уровня прикрытия территорий подразделениями пожарной охраны в Южном федеральном округе способствует эффективному проведению профилактических мероприятий по предупреждению пожаров, оперативному реагированию на возникающие пожары и чрезвычайные ситуации, снижению потерь как среди населения, так и в экономических показателях регионов, а также сохранению уникальных природных и рекреационных ресурсов юга России.

В рассматриваемом федеральном округе организовано 8 территориальных пожарно-спасательных гарнизонов, на территориях 3 областей, 3 республик, 1 края и 1 города федерального значения, в состав которых входит 147 местных пожарно-спасательных гарнизона. Более подробная информация по их распределению представлена в сводной таблице 1:

Таблица 1 – Количество местных пожарно-спасательных гарнизонов входящих в состав территориальных пожарно-спасательных гарнизонов ЮФО [1]

Наименование главного управления	количество МПСГ
ГУ МЧС России по Республике Адыгее	8
ГУ МЧС России по Астраханской области	13
ГУ МЧС России по Волгоградской области	8
ГУ МЧС России по Республике Калмыкии	14
ГУ МЧС России по Краснодарского края	43
ГУ МЧС России по Ростовской области	53
ГУ МЧС России по Республике Крым	7
ГУ МЧС России по г. Севастополь	1

Характер охраняемых территорий и объектов может быть совершенно различен. Обращаясь к теме статьи, следует дать определение понятия «прикрытие». Прикрытие — это комплекс мер и средств, направленных на создание условий от возможного распространения пожара на определенной территории или объекте, проведение превентивных мероприятий по предупреждению возникновения пожаров. [2]. Согласно полученным данным по прикрытие населенных пунктов и населения ЮФО подразделениям территориальных пожарно-спасательных гарнизонов по состоянию на 2024-2025 год, можно представить в виде таблицы и диаграммы по статистическим данным:

Таблица 2 – Статистические данные прикрытие населенных пунктов и населения ЮФО [1]

всего населенных пунктов	всего проживает в них населения	из них:			
		прикрыто		вне зоны прикрытия	
		населенных пунктов	населения	населенных пунктов	населения
		кол-во	кол-во	кол-во	кол-во
7 543	16 606 575	6 703	16 144 497	840	462 078



Рисунок 1 – Прикрытие по количеству населенных пунктов

Диаграмма демонстрирует, что большая часть территорий ЮФО прикрыта пожарными подразделениями, за исключением 9 % от всего количества населенных пунктов. Такое покрытие является эффективным, поскольку охватывает практически всю территорию, но всё же есть необходимость заниматься наращиванием количества пожарных подразделений для уменьшения количества неприкрытых населенных пунктов. В качестве дальнейших шагов

целесообразно провести анализ факторов, обуславливающих отсутствие прикрытие указанных 9 % населённых пунктов, а также разработать комплекс мер, направленных на повышение плотности покрытия территории подразделениями пожарной охраны.

Также необходимо понимать, что в границах одного субъекта могут находиться объекты, находящиеся в распоряжении различных силовых структур, ведомств Российской Федерации, на территории которых формируются подразделения ведомственной пожарной охраны. Вдобавок существуют различные объекты, для которых могут создаваться подразделения частной пожарной охраны. По этому принципу на территории рассматриваемого федерального округа Российской Федерации, сформированы подразделения всех видов пожарной охраны.

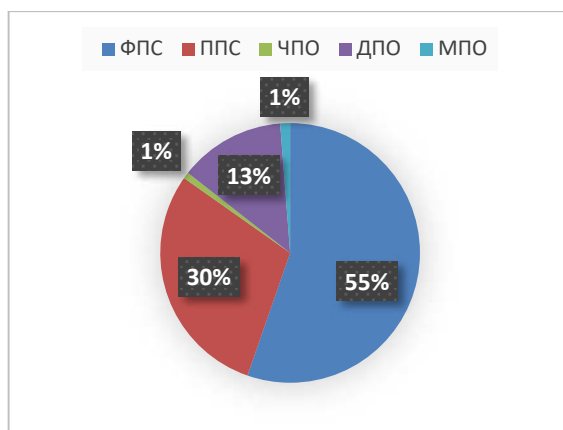


Рисунок 2 – Прикрытие видами пожарной охраны количеству населенным пунктам

Диаграмма наглядно демонстрирует, что наибольшее число населенных пунктов в Южном федеральном округе прикрито подразделениями Государственной противопожарной службы, а именно 55% населенных пунктов прикрито силами федеральной противопожарной службы и 30% силами противопожарной службой субъектов Российской Федерации. Из этого может следовать то, что в округе больший упор сделан на работу подразделений, относящихся к ГПС.

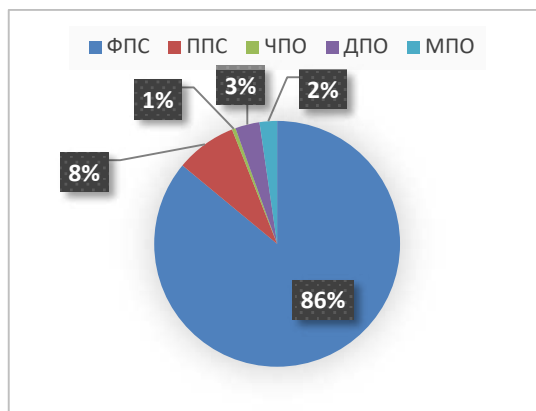


Рисунок 3 – Прикрытие видами пожарной охраны по количеству населения

Данные приведенной диаграммы указывают на то, что большая часть населения (86%), проживающего на территории Южного федерального округа прикрывается силами подразделений федеральной противопожарной службы, отличительной чертой которой является, организация разработки и реализация государственных мер направленных на предотвращение пожаров, повышение эффективности противопожарной защиты населенных пунктов и предприятий, организаций, учреждений. [3]

В результате сбора данных был получен материал, анализ которого позволяет заключить, что состояние защищенности рассматриваемого федерального округа Российской Федерации, находится на высоком уровне, что обеспечивается за счет разностороннего подхода государственной политики к вопросу защиты населения на территории страны по направлению обеспечения пожарной безопасности. Показателем этого являются сформированные пожарно-спасательные гарнизоны и входящие в их состав подразделения всех видов пожарной охраны. Наличие, расположение, слаженное взаимодействие и координация действий сил и средств пожарно-спасательных гарнизонов играют ключевую роль в обеспечении защиты жизни и имущества граждан, а также минимизации возможных последствий от пожаров на территории всего Южного федерального округа.

Список источников

1. Материалы НИР 2024-2025гг «Научно-методическое сопровождение деятельности пожарно-спасательных гарнизонов».
2. Результаты выборочного анализа деятельности пожарно-спасательных гарнизонов в Российской Федерации / С. Г. Андросенко, А. Д. Ищенко, К. Ю. Кириченко [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2025. – № 2. – С. 63-71. – DOI 10.25257/FE.2025.2.63-71. – EDN HQNSTK.
3. Ищенко, А. Д. Предложения по нормированию численности специализированных пожарно-спасательных частей ФПС ГПС МЧС России / А. Д. Ищенко, С. Г. Андросенко, К. Ю. Кириченко // Технологии техносферной безопасности. – 2023. – № 2(100). – С. 37-48. – DOI 10.25257/TTS.2023.2.100.37-48. – EDN NULCCG.
4. Ищенко А.Д., Кириченко К.Ю., Киселев Д.В. Специализированные подразделения пожарной охраны / Материалы VIII Международной научно-практической конференции Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации. М.: Академия ГПС МЧС России, 2022. Часть № 2. – С. 154 – 161.
5. <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=rcpbch>.

УДК 614.849
ББК 68.9

Андрей Андреевич Ежов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (andrey.ezhov.03@mail.com)

Константин Юрьевич Кириченко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (Konstantin.01@mail.ru, SPIN 8762-4815, ID: 769330)

Сергей Геннадьевич Андросенко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (green01sa@yandex.ru, SPIN 9306-8680, ID: 764226)

Прикрытие населённых пунктов и населения Сибирского федерального округа РФ подразделениями пожарной охраны

Аннотация: Обеспечение своевременного реагирования на пожары — важнейшая задача. Особенно актуальна в регионах с огромной территорией и низкой плотностью населения, такой как Сибирский федеральный округ. В данной работе представлен анализ состояния прикрытия населённых пунктов и территорий пожарными подразделениями по данным Сибирского федерального округа, исходя из статистических данных на 2024 год.

Ключевые слова: пожарная охрана, прикрытие территорий и населения, пожарно-спасательный гарнизон, виды пожарной охраны, пожарная и техносферная безопасность.

Andrey A. Ezhov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Konstantin Y. Kirichenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Sergey G. Androsenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Covering the settlements and population of the Siberian Federal District of the Russian Federation with fire brigades

Abstract: Ensuring timely response to fires is a crucial task. This is especially important in regions with vast territories and low population density, such as the Siberian Federal District. This paper provides an analysis of the coverage of settlements and territories by fire departments in the Siberian Federal District based on statistical data for 2024.

Keywords: fire protection, protection of territories and population, fire and rescue garrison, types of fire protection, fire and technosphere safety.

Обеспечение профилактики и своевременного реагирования на пожары — важнейшая задача системы пожарной безопасности в России. Особенно актуальна эта задача в регионах с огромной территорией и низкой плотностью населения, таких как Сибирский федеральный округ. Эти регионы требуют особого подхода к планированию сил и средств пожарной охраны ввиду их уникальных условий.

1. Сложный климат: длительные и суровые зимы с очень низкими температурами (до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже), часто затрудняющие выезд техники и работу пожарных. Зачастую условия ухудшаются снегопадами, гололедицами и метелями, создавая угрозу задержек в реагировании. В летний период сильная жара и сухость вызывают высокий риск лесных пожаров и палов травы.

2. Особенности рельефа: горные районы (например, Алтай, Саяны, Байкальский регион) затрудняют доступ пожарной техники и персонала. Лесные массивы и обширные территории тайги стать причиной сложной и продолжительной локализации пожаров.

3. Развитие промышленности и инфраструктуры: наличие крупных угольных, нефтегазовых, металлургических предприятий (например, Кемеровская, Красноярская области) требует усиленного прикрытия промышленных объектов с повышенным пожарным риском. Жилые массивы и инфраструктура часто расположены вблизи лесных зон, что увеличивает угрозу распространения огня.

4. Огромная территория с низкой плотностью населения и сложной логистикой: значительная удаленность многих населенных пунктов и промышленных объектов друг от друга, а также слаборазвитая дорожная сеть в некоторых регионах требуют особых подходов к организации пожарной защиты. Это включает развитие авиационных подразделений, мобильных групп и поддержку добровольческой пожарной охраны в труднодоступных поселениях. Обеспечение прикрытия территории подразделениями пожарной охраны в Сибирском федеральном округе, с учетом его уникальных географических и экономических особенностей, позволяет не только оперативно реагировать на возгорания, но и защищать стратегические объекты, минимизировать ущерб от природных пожаров и, в конечном счете, сохранять человеческие жизни и уникальную природную среду региона.

В рассматриваемом федеральном округе организовано 10 территориальных пожарно-спасательных гарнизонов, на территориях 5 областей, 3-х Республик, 2-х краев их распределение представлено в сводной таблице 1:

Таблица 1 – Количество местных пожарно-спасательных гарнизонов входящих в состав территориальных пожарно-спасательных гарнизонов СФО

Наименование главного управления	количество МПСГ
ГУ МЧС России по Алтайскому краю	13
ГУ МЧС России по Иркутской области	33
ГУ МЧС России по Кемеровской области	12
ГУ МЧС России по Красноярскому краю	53
ГУ МЧС России по Новосибирской области	33
ГУ МЧС России по Омской области	32
ГУ МЧС России по Республике Алтай	10
ГУ МЧС России по Республике Тыва	18
ГУ МЧС России по Республика Хакасия	11
ГУ МЧС России по Томской области	5

Имея данные о количестве МПСГ на территории СФО можем определить качество прикрытия округа. Под прикрытием понимается территория находящиеся в районе и подрайоне выезда пожарных частей, и способная в установленное нормативное время прибыть к месту вызова [2].

Опираясь на имеющиеся данные по прикрытию населенных пунктов и населения подразделениям территориальных пожарно-спасательных гарнизонов Сибирского федерального округа по состоянию на 2024 год, можно представить в виде таблицы и диаграммы по статистическим данным:

Таблица 2 – Статистические данные прикрытию населенных пунктов и населения

Всего населенных пунктов	Всего проживает в них населения	из них:			
		прикрыто		вне зоны прикрытия	
		населенных пунктов	населения	населенных пунктов	населения
		кол-во	кол-во	кол-во	кол-во
10219	16996699	9126	16845543	1093	151156

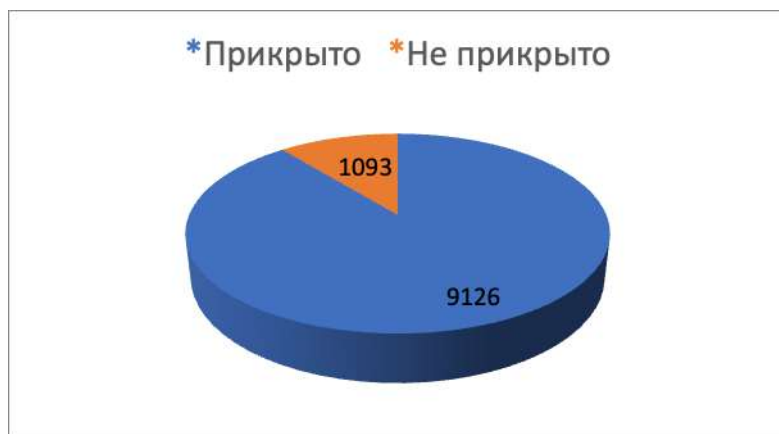


Рисунок – Прикрытие по количеству населенных пунктов

Анализ прикрытия территории Сибирского федерального округа подразделениями пожарной охраны показал высокий уровень эффективности: 89,08% населенных пунктов обеспечены защитой. Диаграмма наглядно демонстрирует практически полное покрытие, за исключением 10,92% населенных пунктов. Дальнейшая работа должна быть направлена на изучение причин отсутствия подразделений пожарной охраны в этих населенных пунктах и разработку мер по устранению данного пробела. [3]

В результате сбора данных был получен материал, анализ которого позволяет заключить, что состояние защищенности рассматриваемого федерального округа Российской Федерации, общий уровень прикрытия в Сибирском федеральном округе высокий, что говорит о стабильной работе пожарных служб. Однако, необходимо продолжать развивать мобильные и автоматизированные системы, а также уделять особое внимание наименее прикрытым районам региона для повышения их безопасности.

Список источников

1. Материалы НИР 2024-2025гг «Научно-методическое сопровождение деятельности пожарно-спасательных гарнизонов»
2. Результаты выборочного анализа деятельности пожарно-спасательных гарнизонов в Российской Федерации / С. Г. Андросенко, А. Д. Ищенко, К. Ю. Кириченко [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2025. – № 2. – С. 63-71. – DOI 10.25257/FE.2025.2.63-71. – EDN HQNSTK.
3. Ищенко, А. Д. Предложения по нормированию численности специализированных пожарно-спасательных частей ФПС ГПС МЧС России / А. Д. Ищенко, С. Г. Андросенко, К. Ю. Кириченко // Технологии техносферной безопасности. – 2023. – № 2(100). – С. 37-48. – DOI 10.25257/TTS.2023.2.100.37-48. – EDN NULCCG.
4. Ищенко А.Д., Кириченко К.Ю., Киселев Д.В. Специализированные подразделения пожарной охраны / Материалы VIII Международной научно-практической конференции Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации. М.: Академия ГПС МЧС России, 2022. Часть № 2. – С. 154 – 161.

УДК 614.849
ББК 30

Владимир Анатольевич Аристархов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (AristarkhovVA@yandex.ru, SPIN 8003-4053, ID: 1050976)

Анастасия Александровна Кривая

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (naakrivaya@mail.ru)

Наталья Сергеевна Соколова

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (ava-agps@yandex.ru)

Современные подходы к анализу результатов проверок территориальных органов

Аннотация. Одной из важнейших функций управления, осуществляемых должностными лицами различного уровня, является анализ деятельности подразделений. В исследовании рассмотрен процесс анализа результатов проверок территориальных органов и входящих в их состав подразделений пожарной охраны. Проведена формализация и обобщение результатов проверок ряда территориальных органов по вопросам материально-технического обеспечения в 2024-2025 гг. Представлены результаты проведенного анализа. Описан примененный алгоритм проведения анализа результатов проверок территориальных органов.

Ключевые слова: пожарная охрана, материально-техническое обеспечение, дракон-схема, проверка территориальных органов

Vladimir A. Aristarkhov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Anastasia A. Krivaya

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Natalia S. Sokolova

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Modern approaches to analyzing the results of inspections of territorial bodies

Abstract. One of the most important management functions carried out by officials at various levels is the analysis of the activities of subdivisions. The study examines the process of analyzing the results of inspections of territorial bodies and their constituent fire protection units. The results of inspections of a number of territorial bodies on issues of material and technical support in 2024-2025 have been formalized and summarized. The results of the analysis have been presented. The algorithm used for analyzing the results of inspections of territorial bodies has been described.

Keywords: fire department, material and technical support, dragon diagram, inspection of territorial bodies

Успешное выполнение возложенных на МЧС России задач возможно только при наличии качественной системы управления материально-технического обеспечения, которая включает в себя в том числе и органы управления, к которым относятся структурные подразделения центрального аппарата и подразделения территориальных органов. Структурные подразделения центрального аппарата МЧС России осуществляют проверку состояния вопросов материально-технического обеспечения территориальных органов в ходе проведения плановых и внеплановых проверок территориальных органов. Результаты проверок подлежат анализу для принятия мер по устранению выявленных недостатков.

В ходе проведённого исследования проблем управления территориальными органами, в том числе входящими в их состав пожарно-спасательными подразделениями, проведён анализ материалов проверок 12-ти территориальных органов МЧС России.

При проведении анализа использовались справки должностных лиц по итогам проведённых проверок, планы устранения недостатков, с описанием выявленных недостатков в материально-техническом обеспечении подразделений.

На первом этапе в единую базу сведены все недостатки, связанные с материально-техническим обеспечением. При этом недостатки были формализованы – сгруппированы по содержанию. Количество недостатков представлено на рисунке 1.

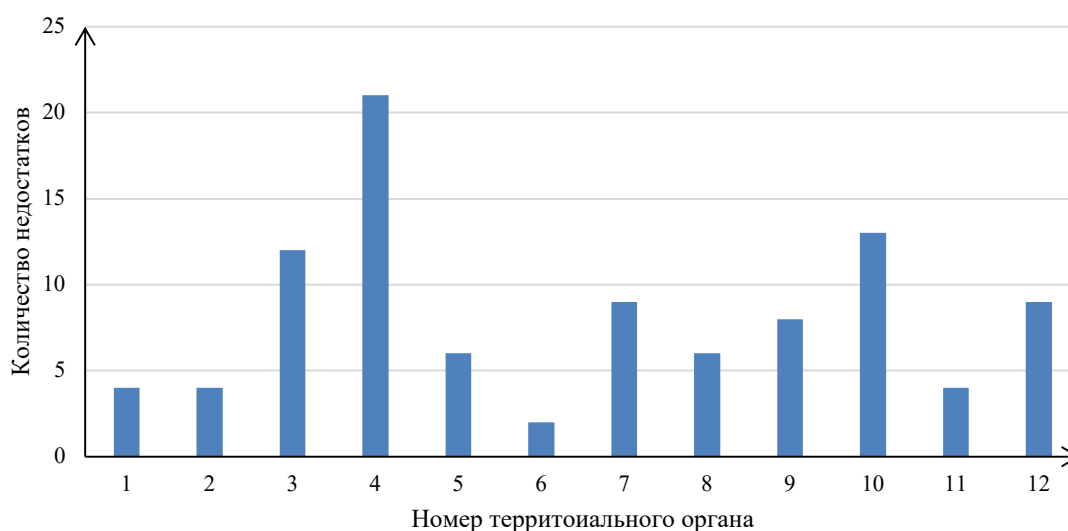


Рисунок 1 – Общее количество недостатков, выявленных в ходе проверки вопросов материально-технического обеспечения территориальных органов

Как видно из представленной на рисунке 1 диаграммы, количество недостатков колеблется от 2 до 21, при этом данные цифры значительно отличаются от среднего значения недостатков. Стоит отметить, что количество выявленных недостатков будет зависеть и от компетенций проверяющего лица, на что указывалось в исследовании [1].

На следующем шаге все недостатки были сгруппированы по видам материально-технического обеспечения. Использовались следующие сокращения наименования недостатков:

- недостатки, связанные с общими вопросами – «Общие»: недостатки, связанные с необходимостью доработки положений о структурных подразделениях, слабыми знаниями положений руководящих документов, ведением учёта и отчётности и т.д.;
- недостатки в вещевом обеспечении – «ВещО»;
- недостатки квартирно-эксплуатационном обеспечении – «КЭО»;
- недостатки в метрологическом обеспечении – «МетрО»;
- недостатки в обеспечении горючим и смазочными материалами – «ОбГСМ»;
- недостатки в продовольственном обеспечении – «ПродО»;
- недостатки в техническом (за исключением метрологического) обеспечении – «ТехО».

Результаты группировки недостатков в виде диаграммы представлены на рисунке 2.

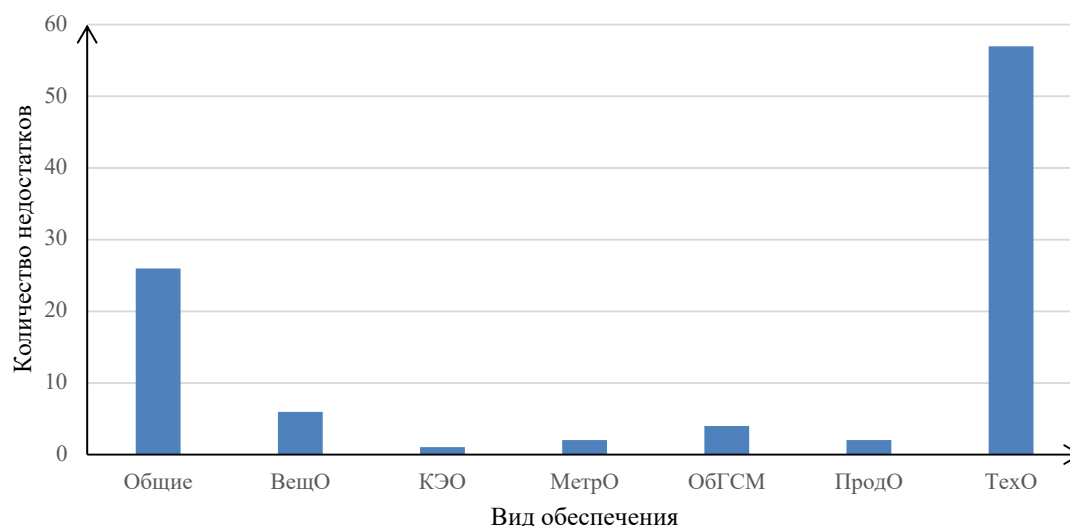


Рисунок 2 – Распределение недостатков, выявленных в ходе проверки вопросов материально-технического обеспечения территориальных органов по видам обеспечения

Как видно из представленной на рисунке 2 диаграммы, наибольшее количество недостатков связано с техническим обеспечением и общими вопросами материально-технического обеспечения.

Произведена группировка недостатков по функциям управления.

В работе [2] указывается, что управленческий цикл состоит из следующих функций:

- сбор информации;
- планирование мероприятий;
- реализация мероприятий;
- учёт результатов выполненных мероприятий;
- контроль выполнения мероприятий;
- анализ результатов выполнения мероприятий;
- регулирование (при необходимости).

Результаты группировки по функциям управления представлены на рисунке 3.

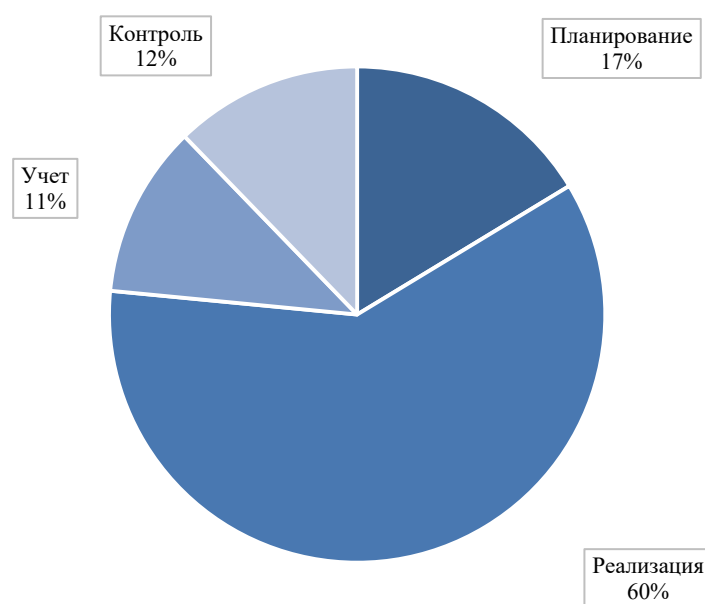


Рисунок 3 – Распределение недостатков, выявленных в ходе проверки вопросов материально-технического обеспечения территориальных органов по функциям управления

Из представленной диаграммы видно, что наибольшее количество недостатков связано с реализацией (60 %) мероприятий материально-технического обеспечения.

Результаты проверок позволяют более детально проанализировать недостатки.

Как пример рассмотрим недостатки, связанные с техническим обеспечением. Из общего количества недостатков (порядка 60 недостатков), наибольшее количество приходится на недостатки, связанные с реализацией (51 %) и планированием (25 %) мероприятий. Сведения представлены на рисунке 4.

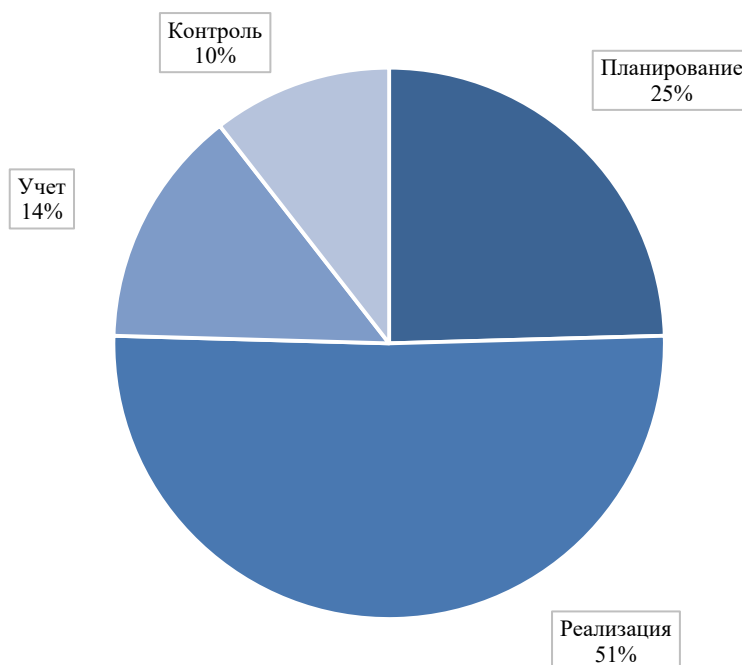


Рисунок 4 – Распределение недостатков, выявленных в техническом обеспечении территориальных органов, по функциям управления

К недостаткам в техническом обеспечении, связанным с реализацией мероприятий, относятся:

- распоряжение техническими средствами;
- обучение водительского состава;
- проведение технического обслуживания;
- хранение техники и т.д.

Анализ данных недостатков показывает, какие и на каком уровне (на уровне территориального органа (подразделения) или на вышестоящем уровне) необходимо выполнять мероприятия по их устранению. Так распоряжение техническими средствами (списание, реализация), требует дополнительных разъяснений со стороны центрального аппарата МЧС России в связи с отсутствием чёткой закреплённой классификации имущества – а именно порядка отнесения движимого имущества к высвобождаемому движимому имуществу ФПС ГПС МЧС России или иному движимому имуществу для определения последующих действий [3]. Вместе с тем обучение водительского состава сегодня чётко регламентировано и полностью входит в компетенции территориального органа.

К недостаткам в техническом обеспечении, связанным с планированием мероприятий, относятся:

- отсутствие (недостоверность данных) годового плана эксплуатации и ремонта вооружения, автомобильной, пожарной и специальной техники;
- отсутствие (недостоверность данных) месячного плана эксплуатации и ремонта вооружения, автомобильной, пожарной и специальной техники;

– отсутствие производственного плана ремонтного органа и т.д.

В данном случае, как показывает практика, недостатки связаны с недостаточными знаниями должностных лиц целей, требований и порядка ведения планирующих документов, что требует дополнительного анализа практического применения указанных документов, в том числе с последующей корректировкой их формы или порядка ведения.

Целесообразно проранжировать выявленные недостатки по частоте их выявления в территориальных органах для выявления общих проблемных вопросов.

В дальнейшем, после определения исполнителей результаты передаются исполнителям для подготовки и принятия управленческих решений по регулированию (устранению недостатков).

Дракон-схема [4] алгоритма анализа результатов проверок территориальных органов приведена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Дракон-схема алгоритма анализа результатов проверок территориальных органов

Можно отметить, что формализация результатов проверок для последующего анализа позволяет сократить время его проведения, а также обеспечить подготовку обоснованных решений по регулированию мероприятий материально-технического обеспечения, что в конечном итоге будет влиять на готовность территориальных органов и входящих в их состав подразделений пожарной охраны, выполнять поставленные задачи [5]. В последующем целесообразно рассмотреть вопрос автоматизации сбора, учёта, хранения и обобщения результатов проверок с созданием единой базы результатов проверок, в том числе в целях ознакомления заинтересованных должностных лиц с недостатками в области материально-технического обеспечения.

Список источников

1. Аристархов, В. А. Модель организации оперативной проверки пожарно-спасательных подразделений / В. А. Аристархов, Спорягин Е. Ю., Левов Н. Н. // Пожары и чрезвычайные ситуации: предупреждение, ликвидация. 2024. № 4. С. 133–144. DOI:10.25257/FE.2024.4.133-144
2. Механизмы управления: учебное пособие / Под ред. Д. А. Новикова. М.: URSS, 2011. 215 с.
3. Будаковская, Ю. А. Актуальные проблемы распоряжения высвобождающимися образцами техники МЧС России / Ю. А. Будаковская, В. А. Аристархов, М. Ю. Сарафанова // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – 2022. – № 11. – С. 227-232. – EDN DWCBPY.
4. Паронджанов, В.Д. Алгоритмы и жизнеритмы на языке ДРАКОН. Разработка алгоритмов. Безошибочные алгоритмы. - М., 2019. - 374 с.
5. Чугунов, В. И. Системный подход к оценке уровня готовности подразделений пожарной охраны // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2021. № 1(37). С. 9–18.

Алексей Владимирович Болькин

Главное управление МЧС России по Иркутской области, г. Иркутск, Россия
(Bolkin87@mail.ru)

Управление профессиональным обучением кадров в системе ГПС МЧС России

Аннотация: Статья посвящена управлению профессиональным обучением кадров в Государственной противопожарной службе. В статье указаны законодательные акты, на основе которых выстраивается управление обучением. Указана структура управления профессиональным обучением кадров. Выделены сходные черты методов управления профессиональным обучением, а также методы управления профессиональным обучением кадров в Государственной противопожарной службе.

Ключевые слова: Управление, профессиональное обучение, структура управления, методы управления, организационно-распорядительные методы, психолого-педагогические методы, экономические методы, качество профессиональной подготовки, аттестационная комиссия.

Aleksey V. Bolkin

Main Directorate of EMERCOM of Russia for the Irkutsk Region, Irkutsk, Russia

Management of professional training in the emercom of Russia fire and explosion protection system

Abstract: The article is devoted to the management of professional training of personnel in the State Fire Service. The article lists the legislative acts on the basis of which the management of training is built. The structure of the management of professional training of personnel is indicated. The similarities of the methods of management of professional training, as well as the methods of management of professional training of personnel in the State Fire Service, are highlighted.

Keywords: Management, professional training, management structure, management methods, organizational and administrative methods, psychological and pedagogical methods, economic methods, quality of professional training, certification commission.

Управление профессиональным обучением кадров в Государственной противопожарной службе (ГПС) МЧС России включает нормативную базу, структуру органов, ответственных за подготовку кадров, программы обучения и оценку качества подготовки. Цель - обеспечить, чтобы сотрудники приобретали профессиональные знания, умения, навыки и компетенции, необходимые для выполнения служебных обязанностей.

Процесс профессионального обучения кадров в ГПС МЧС России регулируется:

1. Федеральным законом от 23.05.2016 № 141-ФЗ «О службе в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1]. Статья 77 закона определяет, что подготовка кадров для федеральной противопожарной службы осуществляется путём профессионального обучения, обучения по образовательным программам и профессиональной служебной и физической подготовки.

2. Приказом МЧС России от 06.10.2017 № 428 «Об утверждении Порядка организации подготовки кадров для замещения должностей в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы» [2]. Регламентирует деятельность МЧС России в области подготовки кадров для замещения должностей рядового состава, младшего, среднего, старшего и высшего начальствующего состава.

3. Приказом МЧС России от 5 февраля 2025 года № 77 «Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны» [3].

Структура управления профессиональным обучением кадров включает:

1. Главное управление подготовки МЧС России (ГУП МЧС России) - головное подразделение, которое организует подготовку кадров для федеральной противопожарной службы.

2. Руководители органов, организаций, подразделений МЧС России - организуют и обеспечивают подготовку кадров на уровне, необходимом для выполнения служебных обязанностей, участвуют в проведении занятий с личным составом, контролируют организацию и состояние подготовки кадров.

3. Кадровые подразделения - ведут списочный учёт сотрудников, подлежащих направлению на профессиональное обучение, и организуют их своевременное направление на обучение.

В системе профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС различают следующие методы управления:

- 1) организационно-распорядительные,
- 2) психолого-педагогические и
- 3) экономические [4, с.192].

Эти методы в совокупности позволяют управляющей системе воздействовать на управляемую систему и добиваться определенных целей, поэтому изолированно друг от друга они действовать не могут, а только в сочетании, дополняя друг друга.

Организационно-распорядительные методы управления профессиональной подготовкой подразделяют на: организационные и распорядительные.

После принятия начальником соответствующего решения начинается организационная работа: доведение решения до исполнителей, конкретизация задач.

Тщательно продуманная организационная работа обеспечивает органическое единство управляющей и управляемой систем, основанное на понимании поставленных задач, координации деятельности и правильных взаимоотношениях [5 с.180].

В процессе организационной работы формируются каналы связи, которые обеспечивают взаимную информацию и взаимодействие в управляющей и управляемой системах, упорядочивается весь процесс профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России, концентрируется внимание на главной функции управления, определяются ответственные за конкретные участки работы, проводится инструктаж, подготавливаются приказы, собрания и др.

Организационные методы управления профессиональной подготовкой предусматривают разработку организационных решений, ведение образовательного процесса на базе последних достижений педагогической науки и передового опыта, определение материальных ресурсов для успешной деятельности преподавателей, назначение ответственных исполнителей, сроков исполнения и осуществление контроля [6, с.182].

Организационные методы управления профессиональной подготовкой преследуют главную цель - сформировать такие оптимальные условия, при которых наиболее эффективно функционировало бы не только каждое звено, но и вся управляющая система в целом.

Хотя воздействие организационных методов управления на то или иное звено в каждом отдельном случае будет различным, в системе управления можно выделить и сходные черты. К ним, прежде всего, относится решение таких вопросов, как

- определение цели воздействия и установление возможных изменений в других звеньях управления;
- разработка путей, этапов, способов и средств воздействия;
- внедрение разработанной организационной системы;
- осуществление контроля за ходом ее внедрения;
- корректирование процесса воздействия на процесс профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России.

Организационное воздействие на управляемую и управляющую системы осуществляется в форме нормирования и регламентирования.

Качество профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России оценивается аттестацией. Создаются аттестационные комиссии:

1. Центральная аттестационная комиссия - для сотрудников, претендующих на замещение должностей в структурных подразделениях центрального аппарата МЧС России, руководящих должностей в территориальных органах МЧС России.

2. Аттестационные комиссии территориальных органов, учреждений и организаций - для сотрудников, претендующих на замещение должностей младшего, среднего и старшего начальствующего состава, назначение на которые осуществляется уполномоченными руководителями.

Аттестация проводится один раз в пять лет, в случае назначения сотрудника на другую должность - не ранее чем через один год после назначения.

Перед системой профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС могут стоять новые или дополнительные задачи, поэтому в процесс организации управления вносятся необходимые изменения или вообще проводится коренная реорганизация данного процесса в соответствии с новыми требованиями. Регламентирование в принятой системе организации профессиональной подготовки поддерживает ее в оптимальном режиме, не допускает действия стихийных факторов, предупреждает анархию в работе.

Список источников

1. Федеральный закон от 23 мая 2016 г. N 141-ФЗ «О службе в противопожарной службе Государственной противопожарной службы Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные федеральные акты» (ред. от 30 ноября 2024 г. N 442-ФЗ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Консультант Плюс

2. Приказ МЧС России от 06.10.2017 №428 «Об утверждении Порядка организации подготовки кадров для замещения должностей в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы» (ред. от 30 ноября 2024 г. N 442-ФЗ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Консультант Плюс

3. Приказ МЧС России от 5 февраля 2025 года № 77 «Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Консультант Плюс

4. Ковалева Е.Г., Радоуцкий В.Ю., Северин Н.Н. Концептуальные основы, определяющие эффективное функционирование системы профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России. // Вестник Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова. 2022. №1. С. 190-194.

5. Северин Н.Н., Радоуцкий В.Ю., Ковалева Е.Г., Литвин М.В. Общая характеристика системы профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России. // Вестник Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова. 2021. №2. С. 179-183.

6. Ветрова Ю.В., Северин Н.Н., Радоуцкий В.Ю., Литвин М.В. Формирование личностных качеств у сотрудников ГПС МЧС России- главная цель функционирования системы профессиональной подготовки. // Вестник Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова. 2021. №3. С. 180-183.

Игорь Апполинарьевич Кайбичев

ФГБОУ ВО Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург, Россия
(kaibichev@mail.ru), SPIN 9566-7776, ID: 335012

Эмпирическое распределение вероятности пожара в России по месяцам года

Аннотация. Рассчитаны вероятности возникновения пожара по месяцам года для периода 2001-2024 годов. С помощью усреднения получено эмпирическое распределение вероятности пожара в России по месяцам года. Результат можно использовать для обоснования распределения материальных ресурсов по месяцам года.

Ключевые слова: пожар, вероятность возникновения, месяца года, Российская Федерация.

Igor A. Kaibichev

Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Ekaterinburg, Russia.

Empirical distribution of fire probability in Russia by month of the year

Abstract. The probabilities of fire occurrence by month of the year for the period 2001-2024 have been calculated. By averaging, the empirical distribution of fire probability in Russia by month of the year has been obtained. The result can be used to justify the distribution of material resources by month.

Keywords: fire, probability of occurrence, month of the year, Russian Federation.

Для планирования распределения материальных ресурсов подразделений МЧС в течении года при тушении пожаров необходимо определить вероятность возникновения пожара по месяцам года. Проанализируем данные за период 2001-2024 годов (Рис. 1, 2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Месяц	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
2	январь	21,61	20,69	21,19	20,53	20,14	23,62	17,26	18,88	16,85	17,40	15,61	15,63
3	февраль	17,67	16,81	17,93	17,84	19,14	16,80	17,20	14,22	13,85	13,28	13,42	13,78
4	март	17,84	20,78	19,85	17,76	17,70	16,34	17,36	14,97	13,49	12,50	12,50	11,78
5	апрель	21,80	27,47	22,93	21,91	19,66	20,53	19,18	20,28	19,64	16,12	13,90	13,58
6	май	21,93	27,02	23,06	24,16	20,76	22,70	19,31	17,98	17,27	16,47	15,67	14,66
7	июнь	16,63	18,72	16,92	17,19	15,79	14,75	16,27	14,80	13,60	13,69	12,03	11,62
8	июль	18,69	18,58	16,09	15,81	16,18	15,16	14,84	13,80	12,85	14,14	12,38	11,59
9	август	19,74	20,61	16,64	17,86	17,78	15,50	16,55	15,50	13,08	13,70	12,93	11,61
10	сентябрь	20,46	21,38	18,92	17,38	18,99	16,68	16,43	15,59	14,09	13,94	12,56	11,89
11	октябрь	22,55	21,05	22,94	20,78	23,02	18,82	19,21	11,02	16,36	15,35	15,15	13,49
12	ноябрь	20,81	20,33	21,06	19,97	19,72	19,13	18,57	17,07	16,21	14,46	15,63	13,77
13	декабрь	26,73	27,39	21,40	21,95	20,91	20,47	20,41	21,11	20,28	18,49	16,77	19,51

Рисунок 1 – Количество пожаров в период 2001-2012 годов, тыс. ед.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Месяц	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2	январь	13,84	14,41	12,98	13,29	12,32	12,74	22,35	18,71	21,33	18,17	19,96	18,86
3	февраль	11,97	11,39	10,95	9,76	9,77	9,61	23,27	18,30	17,76	15,19	15,02	17,36
4	март	12,57	11,81	12,31	10,39	10,03	9,97	31,91	55,90	21,02	24,01	22,10	24,26
5	апрель	12,82	14,02	12,66	11,51	11,69	10,90	110,05	78,41	75,56	55,05	66,39	42,13
6	май	14,14	13,43	13,02	12,91	12,49	12,23	64,21	44,23	53,28	54,93	49,57	43,58
7	июнь	12,18	10,91	11,16	10,45	9,37	10,28	44,01	32,33	36,93	31,30	33,72	29,15
8	июль	10,99	11,12	10,48	9,90	9,36	9,14	30,97	35,31	32,11	29,12	25,94	33,42
9	август	11,21	10,67	11,32	10,98	10,41	10,00	32,55	32,19	33,65	37,36	31,17	30,93
10	сентябрь	11,40	11,60	11,64	10,47	10,34	10,13	33,44	36,43	24,03	25,21	31,48	41,59
11	октябрь	13,33	13,21	12,97	12,99	11,81	11,20	30,27	38,84	32,35	22,68	27,11	28,65
12	ноябрь	12,97	13,30	12,82	12,03	11,88	12,06	27,57	23,11	21,66	19,24	17,79	18,11
13	декабрь	16,05	14,93	13,75	13,90	13,37	13,59	20,82	25,55	21,09	20,26	20,63	19,38

Рисунок 2 – Количество пожаров в период 2001-2012 годов, тыс. ед.

Для определения вероятности [1, 2] возникновения пожара данные по месяцам года суммировали, затем показатели каждого месяца делили на количество пожаров за год (Рис. 3, 4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Месяц	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
2	январь	0,088	0,079	0,089	0,088	0,088	0,107	0,081	0,097	0,090	0,097	0,093	0,096
3	февраль	0,072	0,064	0,075	0,077	0,083	0,076	0,081	0,073	0,074	0,074	0,080	0,085
4	март	0,072	0,080	0,083	0,076	0,077	0,074	0,082	0,077	0,072	0,070	0,074	0,072
5	апрель	0,088	0,105	0,096	0,094	0,086	0,093	0,090	0,104	0,105	0,090	0,082	0,083
6	май	0,089	0,104	0,097	0,104	0,090	0,103	0,091	0,092	0,092	0,092	0,093	0,090
7	июнь	0,067	0,072	0,071	0,074	0,069	0,067	0,077	0,076	0,073	0,076	0,071	0,071
8	июль	0,076	0,071	0,067	0,068	0,070	0,069	0,070	0,071	0,069	0,079	0,073	0,071
9	август	0,080	0,079	0,070	0,077	0,077	0,070	0,078	0,079	0,070	0,076	0,077	0,071
10	сентябрь	0,083	0,082	0,079	0,075	0,083	0,076	0,077	0,080	0,075	0,078	0,075	0,073
11	октябрь	0,091	0,081	0,096	0,089	0,100	0,085	0,090	0,056	0,087	0,085	0,090	0,083
12	ноябрь	0,084	0,078	0,088	0,086	0,086	0,087	0,087	0,087	0,086	0,081	0,093	0,085
13	декабрь	0,108	0,105	0,090	0,094	0,091	0,093	0,096	0,108	0,108	0,103	0,099	0,120

Рисунок 3 – Вероятность возникновения пожара по месяцам в период 2001-2012 годов

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Месяц	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
2	январь	0,090	0,096	0,089	0,096	0,093	0,097	0,047	0,043	0,055	0,052	0,055	0,054
3	февраль	0,078	0,076	0,075	0,070	0,074	0,073	0,049	0,042	0,045	0,043	0,042	0,050
4	март	0,082	0,078	0,084	0,075	0,076	0,076	0,068	0,127	0,054	0,068	0,061	0,070
5	апрель	0,084	0,093	0,087	0,083	0,088	0,083	0,233	0,178	0,193	0,156	0,184	0,121
6	май	0,092	0,089	0,089	0,093	0,094	0,093	0,136	0,101	0,136	0,156	0,137	0,125
7	июнь	0,079	0,072	0,076	0,075	0,071	0,078	0,093	0,074	0,095	0,089	0,093	0,084
8	июль	0,072	0,074	0,072	0,071	0,070	0,069	0,066	0,080	0,082	0,083	0,072	0,096
9	август	0,073	0,071	0,078	0,079	0,078	0,076	0,069	0,073	0,086	0,106	0,086	0,089
10	сентябрь	0,074	0,077	0,080	0,076	0,078	0,077	0,071	0,083	0,061	0,072	0,087	0,120
11	октябрь	0,087	0,088	0,089	0,094	0,089	0,085	0,064	0,088	0,083	0,064	0,075	0,082
12	ноябрь	0,085	0,088	0,088	0,087	0,089	0,091	0,058	0,053	0,055	0,055	0,049	0,052
13	декабрь	0,105	0,099	0,094	0,100	0,101	0,103	0,044	0,058	0,054	0,057	0,057	0,056

Рисунок 4 – Вероятность возникновения пожара по месяцам в период 2013-2024 годов
На основе рассчитанных вероятностей определим минимальное, максимальное, среднее значения (Рис. 5).

	A	B	C	D
1	Месяц	минимум	максимум	среднее
2	январь	0,043	0,107	0,082
3	февраль	0,042	0,085	0,068
4	март	0,054	0,127	0,076
5	апрель	0,082	0,233	0,113
6	май	0,089	0,156	0,103
7	июнь	0,067	0,095	0,077
8	июль	0,066	0,096	0,073
9	август	0,069	0,106	0,078
10	сентябрь	0,061	0,120	0,079
11	октябрь	0,056	0,100	0,084
12	ноябрь	0,049	0,093	0,078
13	декабрь	0,044	0,120	0,089

Рисунок 5 – Минимальное, максимальное, среднее значения

Среднее значение дает нам эмпирическое распределение вероятности пожара по месяцам года (Рис. 6).

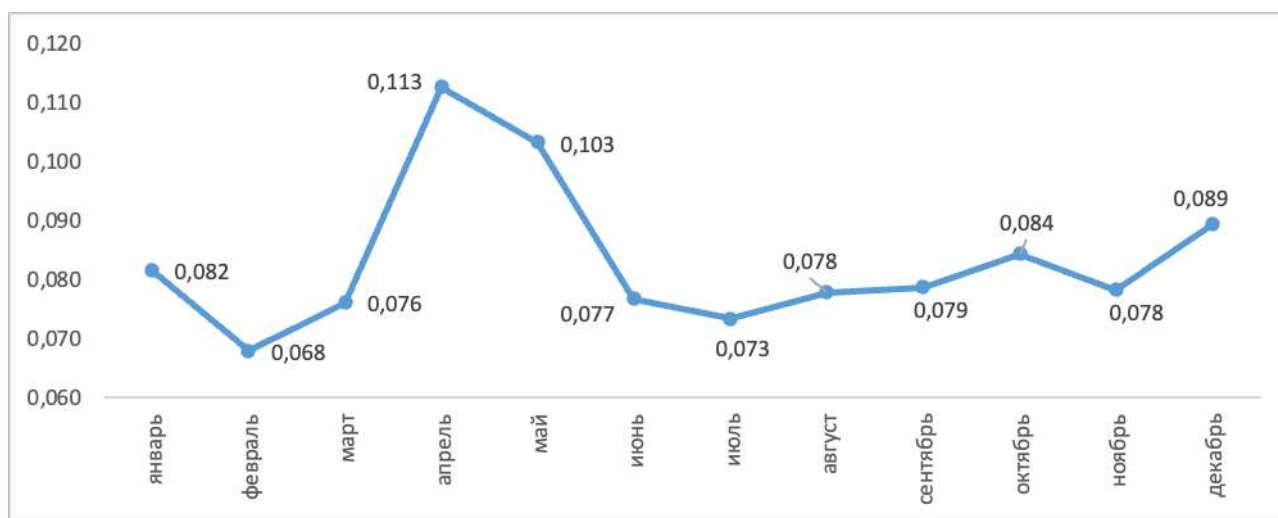


Рисунок 6 – Эмпирическое распределение вероятности пожара по месяцам

Для практической деятельности важным является распределение материальных ресурсов по месяцам года. Примем всю сумму материальных ресурсов, выделенную на год, за 1. Тогда эти ресурсы целесообразно распределить по месяцам года в соответствии с вероятностью возникновения пожаров, а именно: Январь – 0,082, Февраль – 0,068, Март – 0,076, Апрель – 0,113, Май – 0,103, Июнь – 0,077, Июль – 0,073, Август – 0,078, Сентябрь – 0,079, Октябрь – 0,084, Ноябрь – 0,078, Декабрь – 0,089 от суммы материальных ресурсов на год.

Список источников

1. Деккинг М. Современное введение в теорию вероятностей и статистику: понимание зачем и как. – Лондон: Спрингер, 2005. – 219 с.
2. Шорақ Дж.Р., Уэллнер Дж.Ф. Эмпирические процессы с приложениями в статистике. – Нью-Йорк: Wiley, 1986. – 938 с/.

Александр Николаевич Кашин

ФГБУ «Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Иркутской области», Иркутск, Россия
(a.kashin@38.mchs.gov.ru, SPIN 4300-4002, ID: 1132241)

Анализ причин гибели и травмирования пожарных для определения безопасных критериев нахождения в условиях воздействия опасных факторов пожара

Аннотация: В статье проведен анализ гибели сотрудников пожарной охраны при исполнении обязанностей по ликвидации пожаров. Определено, что в среднем в год гибнет около восьми пожарных, в основном в составе звена газодымозащитной службы при работе в непригодной для дыхания среде. При изучении статистических данных, определены три наиболее часто встречающиеся причины их гибели.

Ключевые слова: анализ, пожар, продукты горения, высокая температура, гибель, травмы

Alexander N. Kashin

Federal State Budgetary Institution "Forensic Institution of the Federal Fire Service 'Fire Testing Laboratory' for the Irkutsk Region," Irkutsk, Russia

Analysis of the Causes of Death and Injury of Firefighters to Determine Safe Conditions for Exposure to Fire Hazards

Abstract: This article analyzes the deaths of firefighters while performing firefighting duties. It was determined that, on average, approximately eight firefighters die each year, primarily as part of the gas and smoke protection service while working in unbreathable atmospheres. A review of statistical data identified the three most common causes of death.

Keywords: analysis, fire, combustion products, high temperature, death, injury

Ежедневно на территории Российской Федерации происходит в среднем около тысячи пожаров, на которых гибнет более двадцати человек, в том числе сотрудников пожарной охраны [1]. Анализ гибели сотрудников пожарной охраны проводился на основании материалов, представленных Федеральным государственным бюджетным учреждением «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» (далее – ВНИИПО МЧС России) за период с 2002 по 2023 гг.

На рисунке 1 представлены статистические данные ВНИИПО МЧС России о количестве погибших пожарных за период с 2002 по 2023 гг.

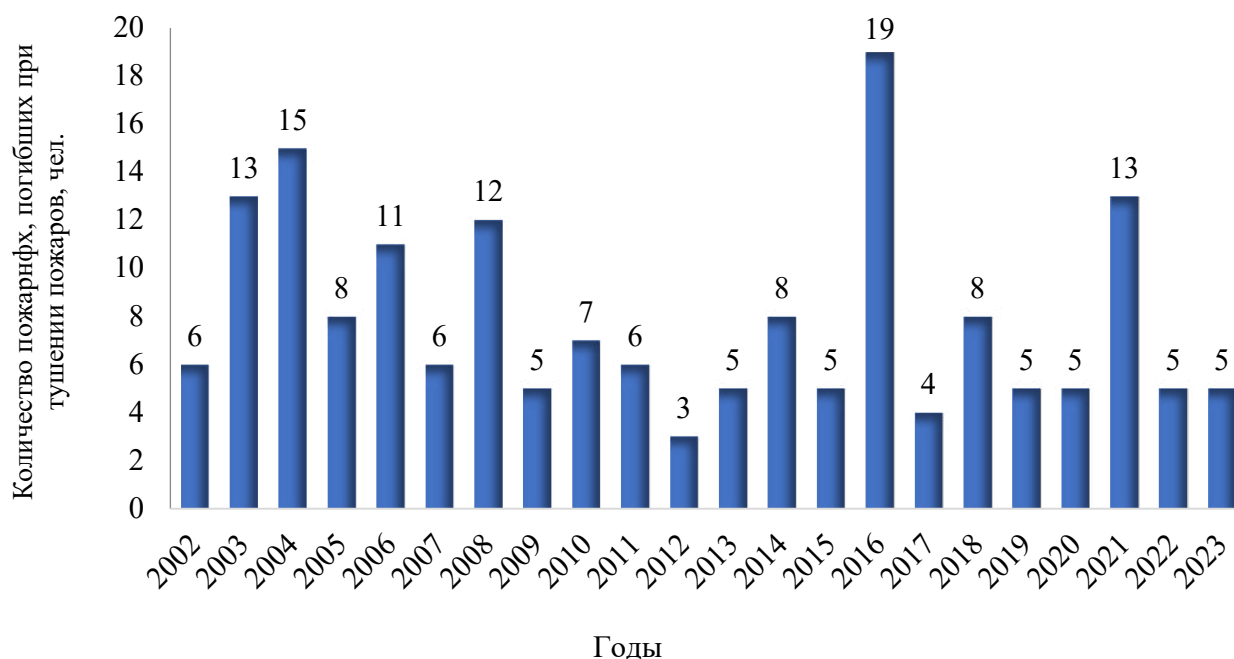


Рисунок 1 – Количество сотрудников пожарной охраны, погибших на пожаре за период времени с 2002 по 2023 гг.

При анализе рисунка 1, можно определить, что в среднем в год гибнет около 8 пожарных, большинство из них в составе звеньев газодымозащитной службы, которые осуществляют действия по тушению пожаров в непригодной для дыхания среде. Это свидетельствует о том, что вопросы обеспечения безопасности пожарных являются актуальными и требуют пристального внимания. При этом выделяют 10 основных причин гибели сотрудников пожарной охраны при тушении пожаров (рисунок 2).



Рисунок 2 – Причины гибели сотрудников пожарной охраны в период с 2002 по 2023 гг.

При анализе рисунка 2, можно выделить три самые распространенные причины гибели:

- отравление продуктами горения при пожаре – 46 человек;
- получение травм, несовместимых с жизнью, в результате обрушения строительных конструкций при пожаре – 34 человека;
- воздействие высокой температуры при пожаре – 27 человек.

Каждый пожар является индивидуальным и зависит от объекта пожара, метеорологических условий, сложившейся обстановки, влияния человеческого фактора и многого другого, но для систематизации и анализа возможно выделить 5 основных условий, способствовавших гибели пожарных (рисунок 3).

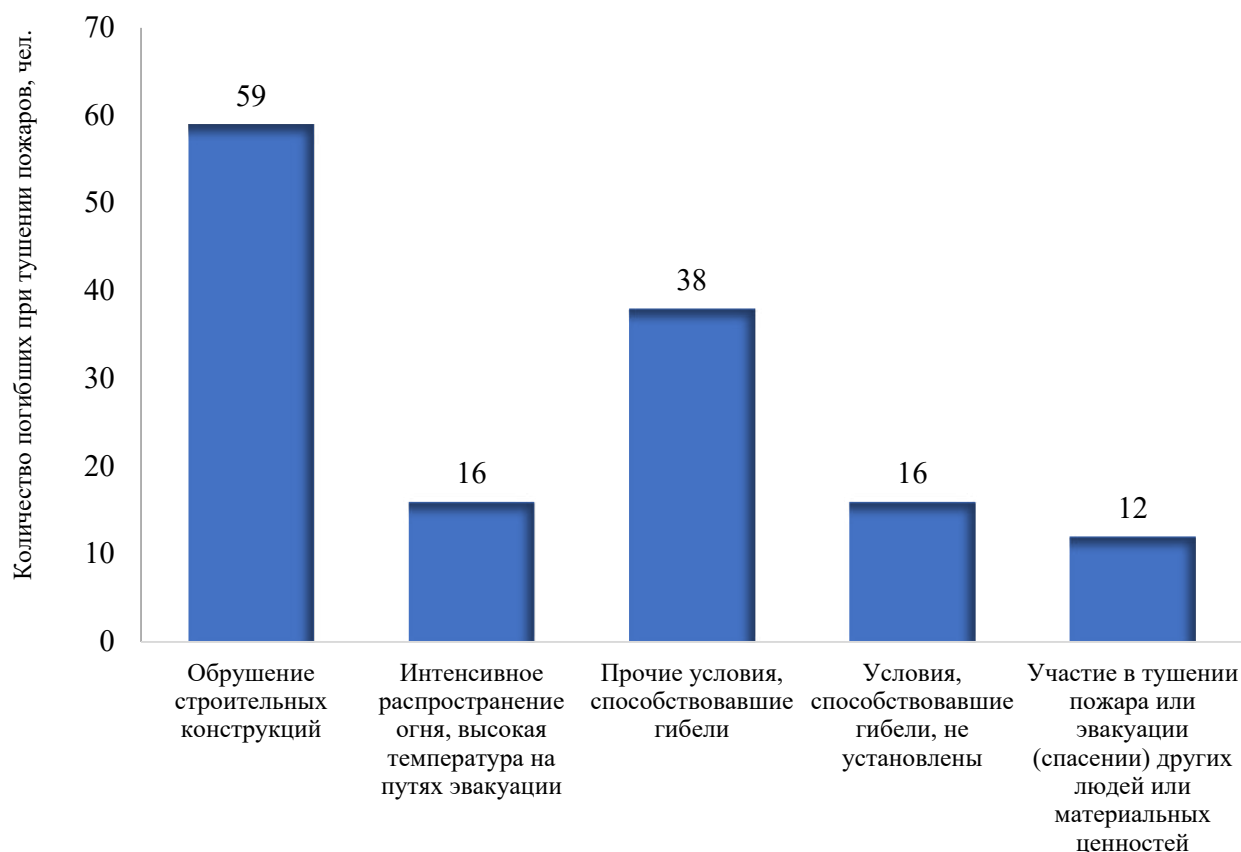


Рисунок 3 – Условия, способствовавшие гибели пожарных в период с 2002 по 2023 гг.

На основании рисунка 3 можно определить, что самым распространенным условием, способствовавшим гибели пожарных, является обрушение строительных конструкций (42 % от всех случаев), так как их поведение в условиях пожара зачастую является стохастическим. Произошедшие 16 случаев гибели пожарных при неустановленных условиях позволяют сделать вывод о возможном влиянии нескольких факторов в совокупности, которые повлияли на наступление смерти людей.

На основе проведенного анализа установлено, что при одном условии гибели могут быть разные причины, повлекшие за собой смерть. Так, например, из 59 погибших от обрушения строительных конструкций только 57 % получили травмы несовместимые с жизнью, остальные умерли по другим причинам.

Частота возникновения данных событий требует дополнительных исследований для выработки подходов к снижению риска повтора негативных событий, поэтому целесообразно изучить конкретные примеры гибели сотрудников пожарной охраны [2].

В городе Красноярске 3 февраля 2019 года звено газодымозащитной службы направилось внутрь складского помещения площадью 3,5 тыс. кв. м со сложной планировкой и наличием стеллажей для тушения пожара (рисунок 4).



Рисунок 4 – Пожар в городе Красноярске 3 февраля 2019 года:
а, б – тушение пожара; в – общий вид пожара

Через некоторое время от командира звена газодымозащитной службы по радиосвязи поступило сообщение об истощении запаса воздуха в баллонах. Так как одним из основных опасных факторов пожара является потеря видимости в дыму, с учетом наличия стеллажей, усложняющих планировку, пожарные звена ГДЗС были дезориентированы в пространстве, а в условиях ограниченного запаса воздуха и паники не смогли за короткое время найти выход из помещения и погибли при выполнении своих служебных обязанностей.

Взаимосвязь между снижением видимости в непригодной для дыхания среде и увеличением времени продвижения звена газодымозащитной службы влияет на качество выполнения поставленной боевой задачи [3].

В городе Бодайбо Иркутской области 22 января 2022 года при проведении разведки одной из 12-ти квартир двухэтажного деревянного дома звено газодымозащитной службы перестало выходить на связь (рисунок 5).



Рисунок 5 – Пожар в городе Бодайбо Иркутской области 22 января 2022 года

Несмотря на большое количество сил, направленных на поиски звена газодымозащитной службы, позже пожарных нашли погибшими внутри подвального помещения.

При проведении расследования результатов пожара было выявлено, что под квартирой, в которую заходили пожарные, располагалась зона очага пожара (в подвальном помещении). Таким образом, звено газодымозащитной службы оказалось непосредственно в эпицентре пожара; главным опасным фактором пожара в данном случае являлись высокие температуры. Так как боевая одежда пожарного (БОП) защищает от воздействия высоких температур, определить даже примерный температурный показатель окружающей среды при продвижении в задымленном помещении достаточно сложно [4].

В городе Москве 20 марта 2010 года при тушении пожара в административном здании на территории Открытого акционерного общества «Машиностроение и гидравлика» произошло обрушение строительных конструкций (рисунок 6).



а



б

Рисунок 6 – Пожар в городе Москве 20 марта 2010 года:
а – общий вид пожара; *б* – фасад горящего здания

Общая площадь пожара составила 1,8 тыс. м². В процессе работы звеньев газодымозащитной службы по ликвидации пожара и проведению аварийно-спасательных работ в непригодной для дыхания среде произошло обрушение перекрытия и мансардного этажа на большой площади, при этом, один из сотрудников пожарной охраны не успел выйти из непригодной для дыхания среды. После ликвидации пожара его тело было обнаружено коллегами.

Точный расчет поведения строительных конструкций в условиях пожара, и после его ликвидации при проведении работ, связанных с их разборкой, не представляется возможным из-за влияния многих факторов. Однако своевременно замеченные признаки (деформация конструкций, отслаивание поверхностного слоя, трещины, характерные звуки) могут спасти жизнь и здоровье пожарных [5, 6].

Таким образом, рассмотренные выше причины гибели сотрудников пожарной охраны при выполнении задач по назначению произошли не только в результате воздействия опасных факторов пожара, но и их сопутствующих проявлений, что подтверждает необходимость разработки единого подхода к повышению безопасности действий при тушении пожара и проведении аварийно-спасательных работ.

Список источников

1. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году [Текст]: статистический сборник / под общ. ред. Д.М. Гордиенко. – М.: ВНИИПО, 2020. – 80 с.
2. Все новости [Электронный ресурс] // Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий // Режим доступа: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/vse-novosti/> (Дата обращения: 06.06.2025).
3. Кашин, А. Н. О продвижении пожарных в непригодной для дыхания среде в условиях изменения видимости [Текст] / А. Н. Кашин, А. Д. Ищенко // Технологии техносферной безопасности. – 2024. – № 1 (103). – С. 128-139.
4. Кашин, А. Н. Продвижение пожарных в зонах повышенных температур [Текст] / А. Н. Кашин, А. Д. Ищенко // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2024. – № 1. – С. 23-30.
5. Есин, В. М. Пожарная безопасность в строительстве [Текст]: учебник в 2 ч. Ч. 1. / В. М. Есин, С. П. Калмыков, М. В. Панов, В. Н. Токарев. – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2023. – 333 с.
6. Хаматов, Р.Р. Повреждения строительных конструкций при пожарах [Текст] / Р.Р. Хаматов, Р.С. Ситор, Ю.П. Иванов // Инновационная наука. – 2015. – № 10-1. – С. 123–126.

Денис Игоревич Кочетков

ФГАОУ ВО «МГТУ им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,
Москва, Россия (kochetkovdi1@student.bmstu.ru, SPIN 4074-5575, ID: 1277192)

Виталий Евгеньевич Бондаренко

ФГАОУ ВО «МГТУ им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,
Москва, Россия (bondarenkove@student.bmstu.ru, SPIN 6766-4596, ID: 1333673)

Матвей Сергеевич Росоха

ФГАОУ ВО «МГТУ им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,
Москва, Россия (rosokhams@student.bmstu.ru, SPIN 2543-0162, ID: 1332371)

Анастасия Андреевна Махова

ФГАОУ ВО «МГТУ им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,
Москва, Россия (makhovaaa@student.bmstu.ru, SPIN 3279-5355, ID: 1333675)

Иван Владимирович Колупанов

ФГАОУ ВО «МГТУ им. Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»,
Москва, Россия (kolupanoviv@student.bmstu.ru, SPIN 8422-3497, ID: 1333671)

**Опытный образец стационарного комплекса передачи данных о детектировании
возгораний на основе энергоэффективной ad-hoc-сети**

Аннотация. В работе рассматривается проектирование, разработка и тестирование системы оповещения о возгораниях на основе энергоэффективной ad-hoc сети. На базе микросервисной архитектуры были реализованы модули сбора изображений, детектирования объектов, обработки информации и оповещения оператора посредством сетевой службы передачи электронных писем и мессенджера Telegram. Было проведено тестирование реализованной системы в лабораторных условиях и подтверждена её работоспособность.

Ключевые слова: мониторинг лесных пожаров, мониторинг в труднодоступных местах, беспроводные самоорганизующиеся сети, автоматическое обнаружение возгораний, машинное зрение

Denis I. Kochetkov

Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow, Russia

Vitaly E. Bondarenko

Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow, Russia

Matvey S. Rosokha

Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow, Russia

Anastasia A. Makhova

Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow, Russia

Ivan V. Kolupanov

Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), Moscow, Russia

**A prototype of a stationary fire detection data transmission system based on an energy-
efficient ad-hoc network**

Abstract. The paper considers the design, development and testing of a fire alarm system based on an energy-efficient ad-hoc network. Based on the microservice architecture, modules for image collection, object detection, information processing, and operator notification were implemented through a network e-mail service and the Telegram messenger. The implemented system was tested in the laboratory and its operability was confirmed.

Keywords: forest fire monitoring, monitoring in hard-to-reach places, wireless self-organizing networks, automatic fire detection, machine vision

Лесные пожары, как и другие стихийные бедствия, оказывают значительное воздействие на окружающую среду. На сегодняшний день изменения климата приводят к увеличению длительности пожарного сезона, а таяние вечной мерзлоты — к увеличению территорий, поражаемых лесными пожарами [1]. Создание средств своевременного обнаружения очагов возгораний, основанных на современных алгоритмах компьютерного зрения с применением искусственных глубоких нейронных сетей, позволяют обнаружить лесной пожар на ранних стадиях, что позволяет эффективнее контролировать пожарную ситуацию и своевременно применять соответствующие меры для борьбы с пожарами.

Целью данной работы, выполняемой в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSN-2024-0073), являлось создание прототипа стационарного комплекса передачи данных о детектировании возгораний. Для достижения этой цели были определены следующие задачи: разработка логической схемы сборки, обработки и передачи данных; разворачивание ad-hoc сети с использованием стационарных компьютеров; развитие и доработка ad-hoc сети; реализация сервера сбора и обработки информации принимаемой от ad-hoc сети; реализация системы оповещения операторов и центров реагирования на основе электронной почты и программных средств мессенджера Telegram; тестирование программно-аппаратного комплекса и анализ результатов работы.

Для разработки прототипа комплекса оповещения о детектировании возгораний была выбрана микросервисная архитектура [2]. Такой подход позволяет в дальнейшем работать над развитием и расширением логики информационной системы комплекса независимо от других её функциональных частей. Программно-аппаратный комплекс состоит из следующих независимых узлов: стационарного комплекса передачи данных на базе ad-hoc сети с инструментами детектирования возгораний, сервера сбора информации запущенном на виртуальном выделенном сервере (VDS) в сети Интернет, WebSocket-сервера оповещения посредством сетевой службы передачи электронных писем и WebSocket-сервера оповещения с помощью API Telegram. Для реализации программных компонентов, запускаемых на стационарных компьютерах, был использован язык программирования Python, а для прошивки микроконтроллеров — язык программирования C++. Далее приводится описание каждого модуля программно-аппаратного комплекса.

Стационарный комплекс передачи данных реализован на основе архитектуры специализированной ad-hoc сети, разработанной ранее [3, 4]. Для реализации опытного образца он был развернут на стационарных компьютерах (далее — компьютер-отправитель и компьютер-получатель) с набором из трех ретрансляторов на базе ESP8266. Компьютер-отправитель производит захват изображения с камеры видеонаблюдения, разбивает его на фрагменты данных размером порядка 1700 байт и передает их по последовательному порту на отправку в ad-hoc сеть через так называемый ESP-отправитель. Узлы-ретрансляторы производят доставку данных на ESP-получатель и далее по последовательному порту на соответствующий компьютер-получатель, а также выполняют регулярное обновление топологии ad-hoc сети в случае отключения некоторых ее частей. После компьютер-получатель производит сборку изображения по полученным фрагментам, производит обработку и детектирование возгораний на изображении. Фотографии компьютера-отправителя и компьютера-получателя представлены на рисунке 1. Их можно разделить на 3 аппаратные части: основной блок компьютера, выполняющий обработку информации и расчеты; подключенный к нему микроконтроллер ESP8266, производящий передачу данных через ad-hoc сеть; веб-камера, подключенная только к компьютеру-отправителю.

Данный комплекс был доработан по отношению к предыдущим версиям приведенным в источниках литературы. Для него были добавлены инструменты настройки и конфигурации аппаратных и программных модулей. Добавлена поддержка MIPI-камер, активно

применяемых на микрокомпьютерах моделей Raspberry PI и Repka PI. Также были добавлены параметры конфигурации для реализации возможности выбора камеры видеонаблюдения, порта для взаимодействия с узлом ad-hoc сети, нейросетевой модели детектирования, а также добавлены инструменты по автоматическому сканированию и выбору данных параметров при отсутствии заданных значений, что приводит к значительному уменьшению времени необходимого на развертывание комплекса. На данном этапе настройку прототипа комплекса возможно производить с помощью аргументов командной строки или с помощью заранее заданного конфигурационного файла. Для простоты разворачивания программных компонентов информационной системы комплекса было принято решение использовать пакеты программ пакетного менеджера `dpkg`, что значительно упрощает установку. Был выбран именно подход сборки в единый установочный пакет вместо контейнеризации в силу необходимости возможности разворачивания на маломощных устройствах, в том числе одноплатных микрокомпьютерах.



а)



б)

Рисунок 1 – Фотографии стационарных компьютеров:
а) — компьютер-отправитель; б) — компьютер-получатель

Модуль детектирования возгораний использует нейросетевую модель YOLO («You Only Look Once») для выявления языков пламени и дыма на кадрах изображений, полученных от ad-hoc сети. Данная модель была обучена на подготовленном датасете изображений лесных пожаров [5]. На базе компьютера-получателя модуль детектирования производит анализ изображения на предмет наличия пламени и задымления, и при положительном ответе детектора производит отправку соответствующего сообщения и фрагментов изображений, содержащих обнаруженные объекты, на удаленный сервер сбора информации. Кроме того, модуль детектирования возможно располагать на базе компьютера-отправителя, настроенного на отправку только положительных результатов детектирования, а компьютер-получатель в таком режиме производит автоматическую отправку полученных данных на внешний сетевой ресурс, в нашем случае – это виртуальный выделенный сервер (VDS) развернутый отдельно в удаленном датацентре. Такой подход позволяет более гибко настраивать работу сети и переводить ее из режима пассивного мониторинга конечными узлами, компьютерами-отправителями, в режим активного мониторинга компьютером-получателем.

Программный комплекс оповещения основан на логической схеме информационной системы, изображенной на рисунке 2, и включает в себя описанные далее модули. Модуль шлюза выступает в качестве узла, распределяющего информацию от ad-hoc сети и пользователей данного комплекса. Данный модуль принимает информацию о возгораниях и

источнике данных, а именно идентификатор камеры в качестве HTTP запроса, после чего формирует бинарные пакеты данных и по протоколу WebSocket производит отправку на модули почтовой рассылки и Telegram-уведомлений. Шлюз использует данные о пользователях, хранящиеся в файле формата CSV, для формирования списка адресов получателей уведомлений об обнаружении пожаров. Для хранения данных пользователей выбран именно подход с использованием CSV-файлов для упрощения развертывания системы на удаленном сервере. Файл с информацией о пользователях содержит следующие поля: имя пользователя, адрес электронной почты, идентификатор Telegram, и отдельные флаги активности каналов уведомлений через Telegram и службу электронной почты. Для обеспечения возможности обработки шлюзом запросов из нескольких источников использовались средства асинхронного программирования. Бинарный пакет данных для сервера уведомления в электронном письме содержит поля: флаг «is_admin», имя пользователя в кодировке utf-8, адрес электронной почты в кодировке utf-8, идентификатор камеры в формате uint32, 16 байт статистической и служебной информации, остаток данных пакета — бинарная информация о изображении. Бинарный пакет данных для сервера уведомления через Telegram содержит следующие поля: имя пользователя в формате utf-8, 8 байт идентификатора пользователя Telegram, идентификатор камеры и данные изображения.

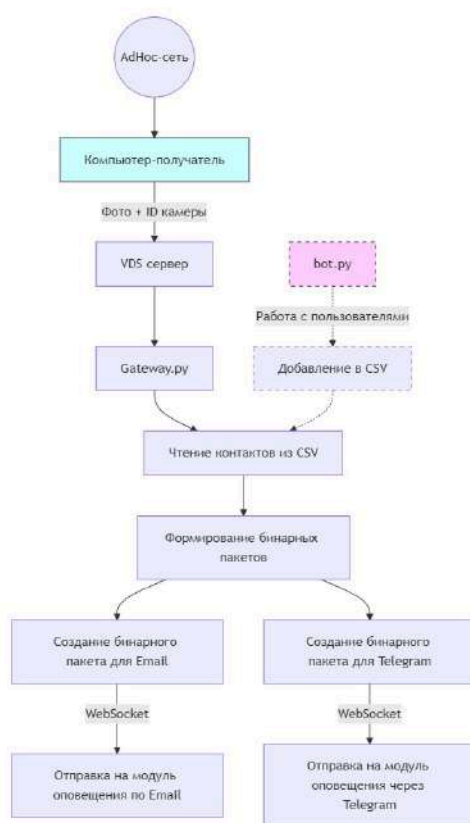
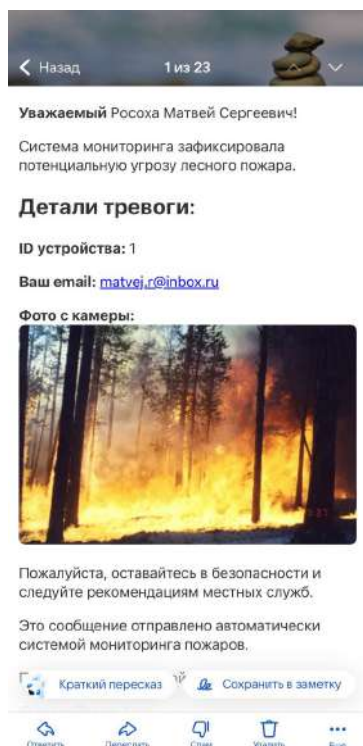
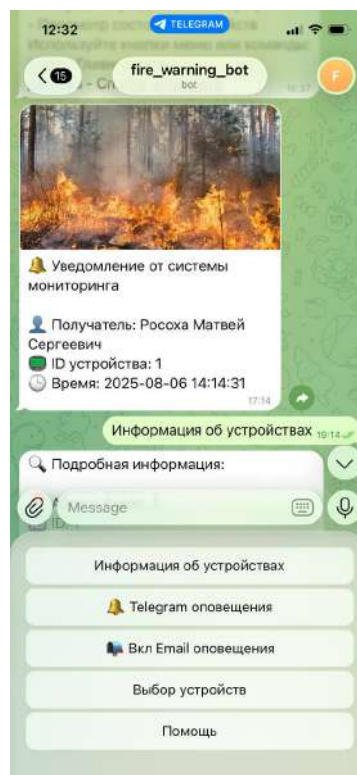


Рисунок 2 – Логическая схема информационной системы

Модуль оповещения посредством сетевой службы передачи электронных писем производит прием данных от модуля шлюза по протоколу WebSocket в описанном выше формате, производит сборку письма в соответствии с HTML-шаблоном, вставляет полученное изображение в шаблон и отправляет выделенным адресатам по протоколу SMTP с поддержкой протокола TLS. Пример письма-оповещения и пример уведомления в Telegram непривилегированного пользователя о факте возгорания приведен на рисунке 3.



а)



б)

Рисунок 3 – Примеры оповещений:

а) — уведомление в сообщении службы электронной почты; б) — уведомление в Telegram

Для реализации были разработаны шаблон для уведомления обычных пользователей и шаблон для уведомления администраторов информационной системы, который содержит дополнительную служебную информацию. Для сборки письма в соответствии с шаблоном использовалась библиотека Jinja2 для языка программирования Python.

Модуль оповещения через Telegram использует библиотеку python-telegram-bot для взаимодействия с Telegram API и библиотеку asyncio для асинхронной обработки поступающих запросов на отправку данных. Библиотека python-telegram-bot позволила использовать средства ConversationHandler для создания диалоговых интерфейсов Telegram-бота и другие возможности Telegram API. Кроме задачи оповещения пользователей о пожаре, Telegram-бот был использован в качестве интерфейса настройки и администрирования программно-аппаратного комплекса. Был создан интерфейс регистрации пользователей, управления подписками на уведомления и автоматической отправки предупреждений при обнаружении возгораний. При регистрации запрашивается имя пользователя и адрес электронной почты, который проверяется с помощью библиотеки email_validator. После подтверждения данных они отправляются на модуль шлюза, который сохраняет их в главный файл учета пользователей. Основная функция бота — оповещение пользователей о пожаре. При получении сообщения от модуля шлюза, модуль оповещения отправляет пользователям уведомления, содержащие ID устройства, с которого были получены данные, адрес отслеживающего устройства, время получения данных и полученную фотографию, что в совокупности позволяет оперативно оценивать обстановку. Пример оповещения обычного пользователя о возгорании через сообщения Telegram также приведен на рисунке 3.

Интерфейс пользователя Telegram-бота, кроме того, позволяет настраивать уведомления по Telegram и сетевой службе передачи электронных писем, и настраивать набор источников, от которых будут присылаться уведомления о возгораниях. Такое решение нацелено на избежание «информационного шума», что позволит получать только необходимую пользователю информацию. Все изменения, которые указываются

пользователями, через модуль Telegram-бота пересылаются на шлюз, который обновляет данные в соответствующих таблицах. Также модуль Telegram-бота обрабатывает распространенные ошибки Telegram API, такие как «флуд-контроль», приостанавливая отправку сообщений при достижении лимита.

Каждый модуль программно-аппаратного комплекса обеспечивает инструменты логирования для оценки корректности работы и предоставляет необходимую информацию при анализе ошибок в работе. Для централизованного просмотра и анализа записей реализовано веб-приложение, отображающее полные логи сервисов в режиме реального времени. На рисунке 4 продемонстрирован пример вывода логов системы при оповещении. Чтобы автоматизировать развертывание сервера на базе операционной системы семейства Linux были написаны специализированные bash-скрипты.

Логи приложения

```
2026-02-26 19:20:24,963 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:24,396 - bot - INFO - Уведомление для 1699/06462 успешно отправлено
2026-02-26 19:20:24,964 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:24,397 - __main__ - INFO - Сообщение обработано, результат: 1
2026-02-26 19:20:25,966 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:25,401 - __main__ - INFO - Обработка сообщения для Бондаренко Виталий Евгеньевич (устройство 1, Telegram ID: 176766474
2026-02-26 19:20:25,967 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:25,401 - bot - INFO - Отправка уведомления для устройства 1 пользователю 1767664749
2026-02-26 19:20:25,967 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:25,402 - bot - INFO - Загружено 10 устройств
2026-02-26 19:20:25,967 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:25,402 - bot - INFO - Данные устройств сохранены
2026-02-26 19:20:25,971 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:29,777 - bot - INFO - Уведомление для 1767664749 успешно отправлено
2026-02-26 19:20:25,972 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:29,778 - __main__ - INFO - Сообщение обработано, результат: 1
2026-02-26 19:20:30,974 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:30,782 - __main__ - INFO - Обработка сообщения для Нащekin Никита Денисович (устройство 1, Telegram ID: 644381598)
2026-02-26 19:20:30,974 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:30,782 - bot - INFO - Отправка уведомления для устройства 1 пользователю 644381598
2026-02-26 19:20:30,974 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:30,783 - bot - INFO - Загружено 10 устройств
2026-02-26 19:20:30,974 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:30,783 - bot - INFO - Данные устройств сохранены
2026-02-26 19:20:31,976 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:31,813 - bot - INFO - Уведомление для 644381598 успешно отправлено
2026-02-26 19:20:31,976 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:31,814 - __main__ - INFO - Сообщение обработано, результат: 1
2026-02-26 19:20:32,978 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:32,818 - __main__ - INFO - Обработка сообщения для Посевин Данила Павлович (устройство 1, Telegram ID: 1066642109)
2026-02-26 19:20:32,979 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:32,818 - bot - INFO - Отправка уведомления для устройства 1 пользователю 1066642109
2026-02-26 19:20:32,979 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:32,818 - bot - INFO - Загружено 10 устройств
2026-02-26 19:20:32,979 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:32,819 - bot - INFO - Данные устройств сохранены
2026-02-26 19:20:34,983 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:34,928 - bot - INFO - Уведомление для 1066642109 успешно отправлено
2026-02-26 19:20:34,984 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:34,930 - __main__ - INFO - Сообщение обработано, результат: 1
2026-02-26 19:20:35,986 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:35,933 - __main__ - INFO - Соединение закрыто клиентом 127.0.0.1:57758
2026-02-26 19:20:35,987 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:35,934 - __main__ - INFO - Соединение с 127.0.0.1:57758 завершено
2026-02-26 19:20:40,026 [INFO] Ingest WS: отключился
2026-02-26 19:20:48,827 [INFO] 127.0.0.1 [26/Feb/2026:19:18:28 +0000] "GET /Ingest HTTP/1.1" 101 0 "-" "Python/3.12 websockets/15.0.1"
2026-02-26 19:20:59,842 [INFO] Ingest WS: подключился
2026-02-26 19:20:59,842 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:20:55,992 - __main__ - INFO - Запрос информации об устройствах от 644381598
2026-02-26 19:21:01,846 [INFO] bot.log: 2026-02-26 19:21:01,344 - __main__ - INFO - Запрос деталей устройства от 644381598
```

Рисунок 4 – Логи системы в веб-приложении

Для подтверждения корректности работы реализованного комплекса был выбран подход интеграционного тестирования [6]. Первично были произведены отдельные лабораторные тестирования компонентов системы и отдельных функций модулей. Во время тестирования были обнаружены и исправлены проблемы с несовместимостью кодировок и кириллических символов и ошибки подключения по WebSocket. После были отработаны различные сценарии ошибок: некорректные адреса отправки, отсутствие изображения в сообщении, неверные данные в файлах конфигураций, обрыв соединения. После подтверждения корректности обработки ошибочных сценариев было произведено парное тестирование компонентов системы и интеграционное тестирование всей системы на стенде, что позволило подтвердить корректность реализованного программно-аппаратного комплекса.

Таким образом, в данной работе был спроектирован и реализован образец комплекса оповещения операторов об обнаруженном пожаре посредством сетевой службы передачи электронных писем и мессенджера Telegram. Был разработан интерфейс пользователя и оператора, позволяющий настраивать уведомления. В силу текущих проблем с доступом к мессенджеру Telegram в будущем планируется рассмотреть возможность интеграции с Цифровая платформой МАХ [7]. Также планируется добавление средств информационной безопасности для обеспечения надежности работы системы оповещения, такие как защита данных, контроль доступа к программно-аппаратному комплексу, мониторинг атак на сеть передачи данных [8]. Для оптимизации работы комплекса оповещения планируется добавить реляционную базу данных, хранящую информацию о пользователях и средствах обнаружения.

Список источников

1. Ложкина, О. В. Анализ влияния изменения климата на природные пожары на примере Российской Федерации и ряда зарубежных стран / О. В. Ложкина, С. В. Орловцев, А. Г. Савинов // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2022. – № 4(64). – С. 111-121.
2. Копелиович, Д. И. Микросервисная архитектура как разновидность сервис-ориентированной архитектуры / Д. И. Копелиович, М. А. Кургуз, В. В. Лебедев // Наукосфера. – 2022. – № 4-2. – С. 230-235.
3. Penkin A. D., Kochetkov D. I., Nashchekin N. D., Posevin D. P., Ivanov I. P. On the Possibility of Creating Energy-Efficient Mesh Network to Prevent Forest Fires and Provide Video Surveillance of Hard-to-Reach Areas //2025 7th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE). – IEEE, 2025. – С. 1-6 DOI: 10.1109/REEPE63962.2025.10970996
4. Прототип распределенной информационной системы видеомониторинга на базе энергоэффективной ad-hoc-сети / Д. П. Посевин, К. И. Андреева, Н. Д. Нащекин [и др.] // ЦИФРОПОЛ - 2025: Сборник докладов научно-практической специальной конференции, Москва, 29 мая 2025 года. – Москва: Научно-производственное объединение "Специальная техника и связь" МВД РФ, 2025. – С. 95-97.
5. Кочетков, Д. И. О возможности использования нейросетевых моделей для автоматизации обнаружения лесных пожаров / Д. И. Кочетков, Н. Д. Нащекин // Цифровые технологии: настоящее и будущее: Сборник статей по материалам III Национальной научно-практической конференции с международным участием, Тольятти, 13 ноября 2024 года. – Тольятти: Частное образовательное учреждение высшего образования «Тольяттинская академия управления», 2024. – С. 88-92.
6. Мурашкин, И. Н. Методологии интеграционного тестирования в микросервисной архитектуре / И. Н. Мурашкин // Научный журнал. – 2024. – № 3(70). – С. 4-7.
7. Функциональные характеристики программного обеспечения "Цифровая платформа МАХ" – URL: <https://st.max.ru/docs/tekhnicheskaya-dokumentatsiya.zip> (дата обращения: 01.02.2026)
8. Минаев, В. А. Кибербезопасность беспилотных авиационных систем мониторинга лесных территорий / В. А. Минаев, А. С. Толпыгин, К. М. Бондарь // Информация и безопасность. – 2024. – Т. 27, № 4. – С. 553-560. – DOI 10.36622/1682-7813.2024.27.4.008.

Анастасия Николаевна Ростовская

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (rostovskaya.nastya@mai.ru, SPIN 2066-7122, ID: 80603671)

Совершенствование тактических возможностей пожарных подразделений от момента локализации до ликвидации пожара

Аннотация. В статье рассматриваются особенности действий пожарных подразделений на этапе от локализации до ликвидации пожара. Показано, что после локализации требуется не только обеспечить быстрое и надежное завершение тушения, но и сохранить необходимый уровень боеготовности гарнизона для реагирования на возможные новые пожары. Установлено, что действующие методики пожарно-тактических расчетов ориентированы преимущественно на достижение локализации пожара и недостаточно учитывают условия завершающей стадии тушения. Обоснована необходимость разработки расчетных подходов к определению параметров дотушивания и минимально достаточного состава сил и средств после локализации пожара.

Ключевые слова: локализация, ликвидация, тактические возможности пожарных подразделений, пожарно-тактические расчеты, силы и средства, дотушивание

Anastasia N. Rostovskaya

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Improving the tactical capabilities of fire departments from the moment of fire localization to its extinguishment

Abstract. This article examines the specifics of fire department operations from fire containment to fire suppression. It demonstrates that after fire containment, it is essential not only to ensure rapid and reliable completion of fire suppression but also to maintain the necessary level of garrison readiness to respond to potential new fires. It is established that current fire-fighting tactical calculation methods are primarily focused on fire containment and insufficiently consider the conditions of the final stage of fire suppression. The need to develop computational approaches to determining fire suppression parameters and the minimum required force and equipment after fire containment is substantiated.

Keywords: fire localization, fire suppression, tactical capabilities of fire departments, fire extinguishing agents

Локализация пожара определяется как действия, направленные на предотвращение дальнейшего распространения горения и создание условий для его ликвидации имеющимися силами и средствами [1]. Однако достижение локализации не означает полного устранения опасных факторов пожара. После прекращения распространения горения сохраняются остаточные очаги, зоны тления, скрытые очаги и условия для повторного воспламенения. В связи с этим этап от локализации до ликвидации пожара следует рассматривать как самостоятельную стадию тушения, имеющую пожарно-тактическую особенность.

Существующие методики пожарно-тактических расчетов ориентированы преимущественно на условия начального этапа пожара, активного горения и решение задачи локализации пожара. Наиболее детально разработаны подходы к определению требуемого расхода огнетушащих веществ, количества стволов и других параметров, необходимых для ограничения распространения пожара [2]. Вместе с тем, завершающая стадия тушения, связанная с дотушиванием очагов горения, проливкой и разборкой конструкций, исследована

недостаточно. Это приводит к тому, что параметры тушения после локализации в значительной степени определяются эмпирически.

Основная часть

После локализации пожара существенно изменяются как условия горения, так и характер боевых действий подразделений. Если на этапе локализации основная задача заключается в ограничении распространения пожара и обеспечении требуемой интенсивности подачи огнетушащих веществ на решающем направлении, то на этапе ликвидации приоритет приобретает воздействие на остаточные очаги горения, зоны тления и скрытые очаги. В этих условиях подача огнетушащих веществ носит локальный, а именно избирательный характер и направлена прежде всего на термическое подавление оставшихся очагов и исключение повторного воспламенения. В пределах зоны пожара сохраняются участки с высокой температурой, скрытые очаги в толще горючих материалов, пустотах строительных конструкций, теплоизоляционных слоях, кабельных коммуникациях и других труднодоступных местах. Наличие таких очагов определяет продолжение процесса горения в форме тления или скрытого термического разложения, что создает опасность повторного развития пожара даже при отсутствии открытого диффузионного факела пламени и признаках стабилизации обстановки.

В связи с этим, потребность в подаче огнетушащих веществ после локализации не может определяться только площадью пожара или количеством поданных стволов. Существенное значение приобретают количество и пространственное расположение остаточных очагов, глубина прогрева материалов, их теплофизические свойства, степень разборки конструкций и доступность скрытых зон для тушения. Следовательно, использование на этапе ликвидации пожара расчетных параметров, применяемых для локализации, не всегда является корректным и применимым. В одних случаях это может привести к недостаточному воздействию на очаги тления и, как следствие, к повторному воспламенению, в других – к избыточному расходу огнетушащих веществ, неоправданной проливки и увеличению косвенного материального ущерба.

Все знают, что огнетушащие вещества имеют первостепенное значение в прекращении горения. Однако горение может быть ликвидировано лишь в том случае, когда для его прекращения подается определенное количество огнетушащего вещества.

В практических расчетах необходимого количества огнетушащего вещества для прекращения горения пользуются величиной интенсивности его подачи. [3]. Существующие методики позволяют достаточно уверенно определять силы и средства, необходимые для локализации пожара, однако не дают однозначного ответа на вопрос о параметрах дотушивания [4]. В частности, недостаточно разработаны расчетные зависимости для определения требуемой интенсивности подачи огнетушащих веществ после прекращения распространения горения. Кроме того, отсутствуют четкие количественные критерии, позволяющие оценить достаточность сил и средств именно для завершения ликвидации пожара [5].

С учетом изложенного, совершенствование тактических возможностей пожарных подразделений на этапе от локализации до ликвидации пожара должно быть связано с развитием специальных пожарно-тактических расчетов, ориентированных именно на условия дотушивания. Такие расчеты должны учитывать фактическое состояние очага после локализации, параметры остаточного горения и условия теплового подавления.

В качестве основных направлений их развития целесообразно выделить несколько положений:

1. Прежде всего необходима разработка подходов к оценке остаточных очагов горения. Речь идет о возможности учета не только их площади, но и распределения по объему и температуре помещения или конструкциям, глубины расположения и характера горючей среды. Такая оценка позволит точнее определять реальные условия дотушивания.

2. Следующим направлением является уточнение методов определения требуемой интенсивности подачи огнетушащих веществ после локализации пожара. На данном этапе она

должна определяться не по условиям ограничения распространения пламени, а по условиям охлаждения, прекращения тления и исключения повторного воспламенения. Это требует пересмотра традиционных подходов к расчету расхода воды и иных огнетушащих веществ применительно к завершающей стадии тушения.

3. Необходимым представляется и обоснование критериев достаточности сил и средств для ликвидации пожара после его локализации [5]. Такие критерии должны учитывать число и характер остаточных очагов, объем работ по вскрытию и проливке, особенности строительных конструкций и продолжительность контроля за местами возможного скрытого горения. Только в этом случае тактические возможности подразделений на завершающей стадии могут быть оценены не эмпирически, а на научно обоснованной основе.

4. Отдельного внимания заслуживает применение математического моделирования процесса дотушивания. Перспективность данного направления обусловлена тем, что модели позволяют учитывать совокупность параметров остаточного горения: площадь очагов, температурное состояние, свойства материалов, интенсивность подачи огнетушащих веществ и длительность воздействия. Их использование создает основу для перехода от преимущественно экспертной оценки к количественному определению параметров ликвидации пожара.

Таким образом, этап от локализации до ликвидации пожара следует рассматривать как самостоятельный объект пожарно-тактических расчетов. Его специфика определяется наличием остаточного горения, изменением условий подачи огнетушащих веществ и необходимостью предупреждения повторного воспламенения. Это требует дальнейшей разработки специальных расчетных подходов, адаптированных к завершающей стадии тушения пожара.

Заключение

Этап от локализации до ликвидации пожара является самостоятельной стадией тушения, на которой решается основная задача быстрого и надежного завершения ликвидации пожара. Однако действующие методики пожарно-тактических расчетов ориентированы преимущественно на локализацию и недостаточно учитывают особенности дотушивания остаточных и скрытых очагов горения.

В связи с этим совершенствование тактических возможностей пожарных подразделений должно быть связано с разработкой специальных расчетных подходов, позволяющих обосновывать параметры дотушивания, требуемую интенсивность подачи огнетушащих веществ и достаточность сил и средств после локализации пожара. Практическая значимость разработки таких подходов состоит в обеспечении быстрого завершения ликвидации пожара и сохранении необходимого уровня оперативной готовности гарнизона [6].

Список источников

1. Федеральный закон от 21.12.1994 №69 – ФЗ «О пожарной безопасности.
2. Чепурнов В.В. Методика проведения пожарно-тактических расчетов по определению тактических возможностей пожарных подразделений: учеб.-метод. пособие – Курск: ОБПОУ «КГПК», 2020. – 40 с.
3. Повзик Я.С. Пожарная тактика / Я.С. Повзик. – Москва : ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА», 2004. – Гл.2. – с.42. – ISBN 5-901018-39-7/
4. Увалиев Д.С., Напалков М.К. Критерии выбора подразделения для сбора и следования в место постоянно дислокации подразделений пожарной охраны по повышенным рангам пожаров // Общество – Наука – Инновации: сборник статей по итогам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Саратов, 06 июля 2023 г.). Стерлитамак : АМИ, 2023. – с. 69 – 71 с.
5. Увалиев Д.С. О рациональном привлечении сил и средств по повышенным рангам пожаров / Д.С. Увалиев // Социально-экономические аспекты принятия управленческих решений: Сборник материалов седьмого научного семинара, Москва, 23

марта 2023 года. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2023. – с. 509-513. – EDN KLTXRM.

6. Увалиев Д.С. Реляционная модель управления сосредоточением пожарных подразделений для тушения крупных пожаров / Д.С. Увалиев, С.В. Соколов, Д.В. Тараканов // Технологии техносферной безопасности. – 2025. - № 1 (107). – С. 36 – 51. – DOI 10.25257/TTS.2025.1.107.36-51. – END IPVXPD.

Галина Владленовна Талалаева

ФГБОУ ВО «Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России»,
Екатеринбург, Россия, (gvatalal@mail.ru, SPIN 6514-4968, ID 132946)

Организация деятельности пожарной охраны в рамках международного взаимодействия России и Китая

Аннотация. Проанализированы три аспекта взаимодействия России и Китая в области пожарной безопасности: правового регулирования, тактики ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах энергетики, рисков трансграничных переносов токсических веществ при чрезвычайных ситуациях. Показана актуальность развития двусторонних договоренностей в области пожарной охраны территорий и населения; потребность в углубленных исследованиях технологий пожаротушения в экстремальных климатических условиях; целесообразность совместного экологического мониторинга возможных трансграничных переносов загрязняющих атмосферу веществ. Обозначена перспектива координации служб спасения двух стран для подачи заявок на международные научные конкурсы, организуемые Китайской Народной Республикой и Российским Научным Фондом.

Ключевые слова. Пожарная охрана, международное сотрудничество, низкие температуры, трансграничные переносы, загрязняющие вещества, научное взаимодействие

Galina V. Talalaeva

Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Yekaterinburg, Russia

Organization of Fire Protection Activities within the Framework of International Cooperation between Russia and China

Abstract. Three aspects of cooperation between Russia and China in fire safety are analyzed: legal regulation, emergency response tactics at energy facilities, and the risks of transboundary transfer of toxic substances during emergencies. The article demonstrates the relevance of developing bilateral agreements in the field of fire protection for territories and populations; the need for in-depth research on fire suppression technologies in extreme climatic conditions; and the feasibility of joint environmental monitoring of potential transboundary transfers of air pollutants. The prospect of coordinating the rescue services of the two countries for submitting applications to international scientific competitions organized by the People's Republic of China and the Russian Science Foundation was outlined.

Keywords: Fire protection, international cooperation, low temperatures, transboundary transfers, pollutants, scientific interaction

Стратегическая стабильность и взаимовыгодное международное сотрудничество рассматривается экспертами в области гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России как важная составная часть планирования пожарной охраны [1]. Актуальность вопросов стратегического планирования международной деятельности зафиксирована в Приказе МЧС России от 27 июня 2025 № 563¹⁹. Данный тезис особенно актуален для объектов энергетики и нефтегазовой инфраструктуры, находящихся в экстремальных климатических условиях, расположенных в трансграничном формате на территории нескольких стран, находящихся под юрисдикцией двух и более государств, реализуемых под влиянием

¹⁹ Приказ МЧС России от 27 июня 2025 № 563 «О Совете по оценке и стратегическому планированию международной деятельности МЧС России». URL: <https://mchs.gov.ru/uploads/document/2025-07-29/87b642c76e6ba98b93769f139d36b6d3.pdf> (дата обращения: 01.03.2026).

нескольких инвесторов. Примером подобного объекта является газопровод «Сила Сибири», функционирование которого осуществляется как совместный проект «Газпрома» и Китайской национальной нефтегазовой корпорации CNPC.

Цель настоящего исследования—определить риски пожарной безопасности газопровода «Сила Сибири» на основе изучения алгоритмов управления данным проектом.

Задачи исследования: проанализировать организационные, климатические, географические и технологические особенности управления пожарной охраной данного проекта.

1. Организационные риски. Контракт на поставку газа из России в Китай является долгосрочным и рассчитан на 30 лет. Рамочное соглашение об основных условиях поставки природного газа из России в Китай подписано в 2009 г. Сооружение перехода через реку Амур с китайской стороны началось в 2017 г. Запущен в работу газопровод 02 декабря 2019 г. По запросу китайской стороны 01 декабря 2024 г. «Газпром» досрочно вывел поставки газа на максимальный контрактный уровень.

В рамках проекта планируется развитие газоперерабатывающих и газохимических производств, включая Амурский газоперерабатывающий завод (ГПЗ), который, по мнению экспертов, станет крупнейшим в России и одним из самых больших в мире аналогичных предприятий с выработкой пожаро- и взрывоопасных веществ (гелия, этана, пропана, бутана, пентан-оксана). Обозначенная перспектива со временем не только не уменьшит потребность в оптимальной организации пожарной охраны проекта, но, наоборот, увеличит ее значимость.

С российской стороны модели управления строительством и эксплуатацией газопровода периодически меняются: акцент на выборе единого генерального подрядчика заменяется конкурсным тендером среди субподрядчиков и наоборот. С точки зрения безотказности управления такой алгоритм управления организацией пожарной охраны и обеспечения безопасности территорий и населения может быть интерпретирован как недостаточно надежный. Специалисты Сибирского отделения Российской академии наук [2], рассматривая управленческие характеристики проекта, подчеркивают его высокие освоенческие риски, неопределенность условий реализации контракта, неоднозначность разных территориальных участков газопровода для социально-экономического развития территорий и населения, отмечают, что стратегия «Газпрома» по строительству газопровода «Сила Сибири» находится в русле плана опережающего развития Дальнего Востока, но не соответствует долговременным интересам диверсификации экономики Красноярского края и Иркутской области.

2. Международные риски. Сотрудничество России и Китая в области организации деятельности спасательных служб активно развивается²⁰: подписан протокол о сотрудничестве в области чрезвычайных ситуаций, в том числе в приграничных территориях²¹; намечены планы обмена опытом по использованию пожарных поездов, достигнута договоренность о проведении ежегодных совместных учениях²².

Однако, обозначенные сферы взаимодействия касаются в основном робототехники, беспилотных технологий, поддержку китайской инициативы по развитию международного сотрудничества в медицинском обеспечении чрезвычайных ведомств в формате «Китай — страны ШОС» и не концентрируют внимание на особенностях тушения пожаров при низких температурах, особенно на объектах, входящих в инфраструктуру газопроводов. Данная ситуация указывает на целесообразность расширения сотрудничества двух стран в области пожарной метеорологии, тем более, что взаимодействие России и Китая в Арктике

²⁰ МЧС России поделится с Китаем опытом использования пожарных поездов - Российская газета. URL: https://rg.ru/2024/07/10/mchs-rossii-podelitsia-s-kitaem-opytom-ispolzovaniia-pozharnyh-poezdov.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (дата обращения: 01.03.2026).

²¹ Россия и Китай подписали протокол о сотрудничестве в области ЧС. URL: <https://ria.ru/20250821/rossija-2036636360.html> (дата обращения: 01.03.2026).

²² Визит делегации МЧС России в Китай: технологии и обмен опытом. URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/5568488> (дата обращения: 01.03.2026).

развиваются, отражая общую тенденцию укрепления российско-китайских стратегических связей, включая военно-политические аспекты [3].

3. Геоклиматические риски газопровода «Сила Сибири» связана с рядом факторов, среди них: резко континентальный климат, влияние грунтовых вод, негативное действие глобального потепления на литосферу в зоне вечной мерзлоты [4], значительные амплитуды температурных качелей на территории Сибири [5]. Абсолютные минимальные температуры по маршруту газопровода достигают зимой минус 62 в районе Якутии и минус 41 °С в Амурской области., Абсолютные максимальные температуры летом составляют плюс 36 °С. Зимний период длится семь месяцев, среднегодовая температура воздуха равняется минус 6,2 °С. Наблюдается достаточно высокая среднемесячная относительная влажность воздуха: от 75 % зимой до 53 % летом. Фиксируются сезонные промерзания и оттаивания грунтов. «По совокупности природных и техногенных условий согласно СП11-105-97, СНиП22-01-95, трасса трубопровода проходит в инженерно-геологических и геокриологических условиях 3 категории сложности (сложные) для строительства. Кроме того, территория является налеледеопасной» [6]. Криогенное рельефообразование по трассе газопровода «Сила Сибири-2» показано и для его южной части в районе Горного Алтая [7].

Перечисленные геоклиматические факторы создают предпосылки для ускоренной коррозии металла, разрушений изоляционных покрытий, требуют применения специальных технологий и материалов для теплоизоляции. Особая опасность пожаров в арктической зоне Российской Федерации прогнозируется в связи с трендом развития портативных атомных реакторов для зон с экстремальными условиями климата.

4. Кадровые риски. Эффективная организации пожарной охраны в условиях низких температур, климатических вызовов, метеорологических угроз и кросс-культурного взаимодействия спасательных служб нуждается в специальной подготовке личного состава пожарных подразделений. Перечисленные риски возникновения и развития пожаров при низких температурах и на объектах атомной энергетики детально изучены российскими специалистами [8, 9]. Однако, этот опыт не в полной мере учтен в планах развития российско-китайского сотрудничества в области ликвидации чрезвычайных ситуаций, в том числе на приграничных территориях.

Тактика пожаротушения в условиях низких температур предполагает особую подготовку личного состава, высокий уровень выносливости и боеспособности сотрудников газодымозащитной службы [10], что так же целесообразно принять во внимание при проведении совместных учений международного формата по обеспечению пожарной безопасности трансграничных газопроводов.

Заключение. Учитывая необходимость междисциплинарных инновационных разработок в сфере взаимодействия МЧС России и Китая применительно к решению вопросов организации пожарной охраны потенциально опасных объектов в экстремальных климатических условиях, можно прогнозировать полезность и целесообразность проведения научно-исследовательских работ по указанной теме в рамках проекта № 140 конкурса Российского научного фонда на получение грантов по мероприятию «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований международными научными коллективами» (совместно с Государственным фондом естественных наук Китая – NSFC)²³.

Список источников

1. Жукова Л. А., Шевцов М. В., Сибиряков М. В. Стратегическое планирование: учебное пособие. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий), 2024. – 232 с. – ISBN 978-5-93970-289-8.

²³ Конкурсы | Российский научный фонд, URL: <https://rscf.ru/contests/> (дата обращения: 01.03.2026).

2. Пляскина Н. И., Харитонов В. Н., Вижина И. А. «Сила Сибири» - драйвер или угроза газохимическим кластерам востока России? // ЭКО. – 2015. – № 4(490). – С. 54-71.
3. Лукин А. Л., Ли Ю., Кейдун И.Б. Россия и Китай в Арктике: состояние и перспективы двустороннего сотрудничества // Известия Восточного института. – 2022. – № 1(53). – С. 123-131. – DOI 10.24866/2542-1611/2022-1/123-131.
4. Андреев А. А. Природные условия строительства участка магистрального газопровода «Сила Сибири» // Вестник магистратуры. 2016. №3-1 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prirodnye-usloviya-stroitelstva-uchastka-magistralnogo-gazoprovoda-sila-sibiri> (дата обращения: 01.03.2026).
5. Talalaeva G. V. The effect of temperature swings on the example of industrial cities in the Transural region // Scientific research of the SCO countries: synergy and integration: Proceedings of the International Conference, Beijing, 17 июля 2024 года. – Beijing: ООО «Инфинити», 2024. – Р. 166-173. – DOI 10.34660/INF.2024.18.60.046.
6. Протодяконова А. П. Инженерно-геокриологические особенности трассы магистрального газопровода «Сила Сибири» на участке 360-560 км // Геонауки: проблемы, достижения и перспективы развития: Материалы Всероссийской молодёжной научно-практической конференции, Якутск, 27–28 апреля 2018 года. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2018. – С. 164-165.
7. Сериков С. И., Шац М. М. Криогенное рельефообразование по трассе газопровода «Сила Сибири-2» в южной части Горного Алтая // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2022. – № 4(172). – С. 11-18.
8. Таранцев А. А., Ищенко А. Д., Таранцев А. А. Об обеспечении пожарной безопасности модульных арктических объектов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2025. – Т. 14, № 3(71). – С. 176-182.
9. Фогилев И. С., Ищенко А. Д. Моделирование действий оперативного персонала атомной электрической станции в условиях развития опасных факторов пожара // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2018. – № 1. – С. 20-27. – DOI 10.25257/FE.2018.1.20-27.
10. Комплексная оценка готовности газодымозащитников к работе в дыхательных аппаратах / В. М. Батюшев, А. Д. Ищенко, Г. В. Талалаева, К. В. Легенький // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – № 2(72). – С. 229-235.

Дидархан Сактапбергенович Увалиев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (d.uvaliev@academygps.ru, SPIN 5217-3838, ID: 53741037)

Системная оценка нагрузки пожарных подразделений как инструмент управления реагированием

Аннотация. В статье рассматривается проблема оценки нагрузки пожарных подразделений в условиях изменения характеристик городской среды. Показано, что традиционное использование абсолютного числа выездов в качестве универсального показателя не отражает качественной структуры нагрузки и не позволяет корректно сопоставлять деятельность различных подразделений. Предлагается системный подход, основанный на интерпретации частоты выездов как нормированного показателя риска территории и на формировании многокритериальной модели нагрузки, включающей повторяемость событий, суммарные трудозатраты и сложность пожара. Обоснована причинно-следственная взаимосвязь между характеристиками района выезда, интенсивностью деструктивных событий, фактической нагрузкой и готовности пожарно-спасательного гарнизона. Разработанный подход ориентирован на повышение обоснованности управленческих решений при управлении системой реагирования, перераспределении районов выезда и передислокации оперативных отделений.

Ключевые слова: пожарные подразделения; число выездов; риск территории; трудозатраты; сложность пожара; устойчивость подразделения; управление реагированием.

Didarkhan S. Uvaliev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

System-based assessment of fire service workload as a tool for response management

Abstract. The article addresses the problem of assessing the workload of fire and rescue units under changing characteristics of the urban environment. It is demonstrated that the traditional use of the absolute number of call-outs as a universal indicator fails to reflect the qualitative structure of workload and does not allow for a correct comparison of the performance of different units. A systems-based approach is proposed, grounded in the interpretation of call-out frequency as a normalised indicator of territorial risk and in the development of a multi-criteria workload model incorporating event recurrence, total labour input and fire complexity. A cause-and-effect relationship between the characteristics of the response area, the intensity of destructive events, the actual workload, and the operational readiness of the fire and rescue garrison is substantiated. The proposed approach is aimed at enhancing the validity of managerial decision-making in response system management, the redistribution of response areas, and the redeployment of operational crews.

Keywords: fire and rescue units; number of call-outs; territorial risk; labour input; fire complexity; unit sustainability; response management.

В практике анализа деятельности пожарных подразделений основное внимание традиционно уделяется количеству выездов, времени прибытия, времени подачи первого ствола, времени локализации и ликвидации²⁴. При этом количество выездов часто рассматривается как универсальный показатель нагрузки. Однако одинаковое число выездов

²⁴ Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 08.02.2021 № 60 «Об утверждении положения о порядке координации деятельности пожарной охраны».

может соответствовать принципиально различным условиям функционирования пожарных подразделений: различной сложности пожаров, неодинаковой продолжительности реагирования и разной плотности событий во времени. Аналогичным образом суммарные трудозатраты личного состава отражают объем выполненной работы, но не позволяют определить, сформирована ли нагрузка большим количеством пожаров одинарных или ограниченным числом пожаров повышенных рангов [1]. В результате управленческие решения, основанные на одном показателе, оказываются упрощенными и не учитывают всю специфику нагрузки. Это обуславливает необходимость перехода от однофакторной к многокритериальной оценке системы реагирования.

Основная часть

В условиях активной реновации городских территорий, включающую в себя застройку бывших промышленных зон и частного жилого сектора многоэтажными жилыми комплексами, существенно возрастает концентрация населения на ограниченных площадях. Данный процесс сопровождается увеличением плотности застройки, усложнением транспортной инфраструктуры и изменением оперативно-тактической характеристики районов выезда пожарных подразделений, что объективно влияет на параметры их оперативной деятельности.

С позиций системного анализа пожарное подразделение может быть представлено как динамическая система, функционирующая в двух основных состояниях – готовности и реагирования. Каждый выезд представляет собой переход из состояния оперативной готовности в состояние активных действий, инициируемый воздействием деструктивного события. Таким образом, предлагается, число выездов рассматривать не только как статистический показатель, характеризующий активность подразделения, но прежде всего как индикатор уровня системы реагирования.

Число выездов отражает интенсивность системы под влиянием внешних факторов риска, однако для корректного сравнения деятельности различных подразделений данный показатель не может использоваться в своем абсолютном выражении. Его анализ должен осуществляться с учетом пространственно-демографических и функциональных характеристик района выезда: площади территории, численности и плотности населения, типа и этажности застройки, а также функциональной значения зданий (жилая, промышленная, административная) [2].

Нормирование числа выездов по указанным параметрам позволяет интерпретировать ее как интегральный показатель риска среды, в которой функционирует пожарное подразделение. В этом случае число выездов перестает быть лишь характеристикой оперативной нагрузки и становится элементом оценки внешней интенсивности деструктивных воздействий на систему реагирования.

Тем самым обеспечивается связь между оперативной деятельностью пожарных подразделений и тактическими характеристиками обслуживаемой территории, что создает методическую основу для более обоснованного планирования сил и средств.

Переход от характеристики риска территории к анализу состояния подразделения требует учета структуры нагрузки. Нагрузка формируется не только количеством выездов, но и их распределением во времени, а также сложностью каждого события. Даже при одинаковой частоте пожаров подразделения могут функционировать в различных режимах.. Временная плотность выездов становится фактором, влияющим на устойчивость работы. С другой стороны, суммарные трудозатраты отражают объем использованных ресурсов, однако без анализа сложности реагирования они не позволяют раскрыть суть нагрузки.

В этой связи нагрузка пожарного подразделения должна рассматриваться через совокупность трех взаимосвязанных характеристик: повторяемость событий (частота), суммарный объем работы (трудозатраты) и сложность выезда (интенсивность реагирования). Только их совместный анализ позволяет различать качественно разные режимы функционирования подразделений – от частых ординарных пожаров до редких, но продолжительных пожаров повышенных рангов [3].

Предлагаемый подход позволяет выстроить последовательную причинно-следственную связь (рисунок 1).

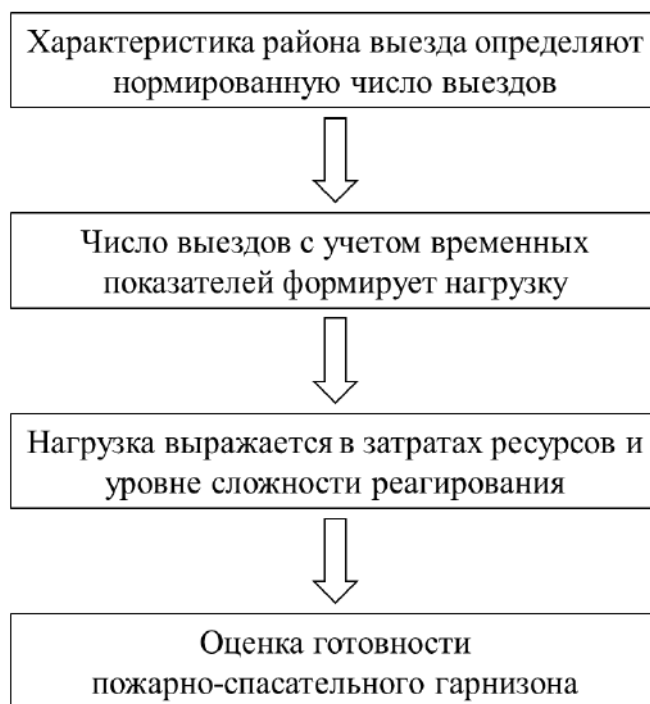


Рисунок – Блок-схема причинно-следственной взаимосвязи характеристик района выезда, числа выездов и готовности пожарно-спасательного гарнизона

Под устойчивостью понимается способность сохранять нормативную готовность и эффективность реагирования при заданных параметрах нагрузки. Таким образом, частота выездов выступает связующим звеном между риском территории и состоянием ресурсов. Это позволяет использовать предложенный подход не только для описания текущего состояния подразделения, но и для поддержки принятия управленческих решений: перераспределения границ районов выезда и оперативных отделений между подразделениями, корректировки численности личного состава, формирования резервов и оценки готовности пожарно-спасательного гарнизона в целом.

Заключение

Представленный подход обеспечивает переход от упрощенной оценки нагрузки по числу выездов к системному анализу функционирования пожарно-спасательных гарнизонов и его ресурсов (пожарных подразделений/оперативных отделений). Научная новизна заключается в интерпретации частоты выездов как управленческого показателя риска территории, в обосновании необходимости ее нормирования и в формировании многокритериальной структуры оценки нагрузки, включающей повторяемость, объем и сложность реагирования на деструктивные события. Дальнейшее развитие подхода предполагает разработку методов количественной формализации показателей, определение критериев устойчивости пожарных подразделений и апробацию модели на данных конкретных гарнизонов. Настоящая работа закладывает методологическую основу для последующих исследований, направленных на создание инструментов практического управления системой реагирования пожарно-спасательных гарнизонов.

Список источников

1. Генезис развития, современные реалии научно-методического и нормативного правового обоснования понятий «крупный пожар», «сложный (затяжной) пожар» / А. Н.

Денисов, А. А. Порошин, М. М. Данилов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 2025. – Т. 34, № 2. – С. 5-19. – DOI 10.22227/0869-7493.2025.34.02.5-19. – EDN XVYUPE.

2. Малютин, О. С. Анализ параметров функционирования пожарно-спасательных подразделений в крупных городах России / О. С. Малютин, В. В. Морозов, Р. В. МIRONENKO // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2024. – № 4. – С. 120-132. – DOI 10.25257/FE.2024.4.120-132. – EDN RSPTDC.

3. Проблемы управления ранговой системой классификации сложности пожаров: практическое применение и пути решения / Д. С. Увалиев, А. Д. Ищенко, А. В. Павлов, П. О. Михайлин // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2025. – № 2(37). – С. 46-56. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2025.61.31.005. – EDN UDFMTY.

УДК 614.842.4
ББК 35.10н68

Александр Алексеевич Порошин
ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха, Россия
Олег Васильевич Стрельцов
ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха, Россия
Андрей Александрович Кондашов
ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха, Россия
Елена Юрьевна Удавцова
ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха, Россия
Евгений Васильевич Бобринев
ФГБУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха, Россия

Определение зон обслуживания объектовых подразделений пожарной охраны

Аннотация. С целью расчета зоны обслуживания объектового подразделения пожарной охраны проанализированы природно-климатические условия, типы дорожного покрытия транспортной сети и плотность застройки земельного участка производственного объекта. Предложены поправочные коэффициенты для определения радиуса зон обслуживания.

Ключевые слова: производственные объекты, пожар, расстояние, дислокация, дорожное покрытие

Alexander A. Poroshin
FSBI VNIPO EMERCOM of Russia, Balashikha, Russia
Oleg V. Streltsov
FSBI VNIPO EMERCOM of Russia, Balashikha, Russia
Andrey A. Kondashov
FSBI VNIPO EMERCOM of Russia, Balashikha, Russia
Elena Yu. Udavtsova
FSBI VNIPO EMERCOM of Russia, Balashikha, Russia
Evgeniy V. Bobrinev
FSBI VNIPO EMERCOM of Russia, Balashikha, Russia

Definition of service areas for fire protection units

Abstract. In order to calculate the service area of the facility's fire protection unit, the climatic conditions, types of road surface of the transport network and the building density of the land of the production facility were analyzed. Correction factors for determining the radius of service areas are proposed.

Keywords: production facilities, fire, distance, dislocation, road surface

На промышленных предприятиях присутствуют различные горючие материалы, интенсивные пожароопасные процессы с высокими температурами. Многие отрасли промышленности используют или производят горючие вещества, например, растворители, краски, масла и т.д. Электрические установки в промышленных условиях потребляют высокую мощность при непрерывной работе. Даже в условиях высокой степени автоматизации, поведение человека влияет на безопасность. Оперативные ошибки, оплошности в работе с оборудованием, невыполнение процедур безопасности, и небрежность в отношении операций с горючими веществами могут стать причиной пожара. Производство оборудования, двигателей, электрических панелей, вытяжки, системы климат-контроля и

установок в целом должны регулярно проверяться. План профилактического технического обслуживания должен быть согласован с графиком производства, с регистрацией деятельности и показателями эффективности. Промышленные отходы, фрагменты древесины, бумаги, пластмасс и другие горючие материалы должны быть вывезены с производства. Когда эти отходы накапливаются вблизи источников тепла, повышается риск их возгорания.

Следует отметить, что пожары на предприятиях могут быть разрушительными не только там, где начинаются, но также и в окружающих областях, затрагивая помещения соседей, жилые районы.

Значителен экологический риск от пожаров на промышленных предприятиях. Интенсивность высвобожденного тепла, риск больших разливов и загрязнения воды, используемой в противопожарных целях имеют важное значение для здоровья людей [1, 2].

Для целей снижения последствий пожаров на промышленных предприятиях создаются подразделения пожарной охраны.

Для нормирования количества объектовых подразделений пожарной охраны необходимо учитывать ряд факторов:

- технико-экономические и оперативные параметры производственного объекта, характеризующие его пожарную опасность (k_1);
- природно-климатические условия, в которых функционирует производственный объект (k_2);
- состояние дорожной сети производственного объекта (k_3);
- плотность застройки земельного участка производственного объекта (k_4).

Оценка состояния пожарной опасности предприятий для целей нормирования ресурсов объектовой пожарной охраны приведена в [3].

На территории Российской Федерации для оценки природно-климатических условий, в которых функционирует производственный объект выделено 5 зон по степени влияния климата на состояние поверхности дорог и условия движения по ним. Предложенные коэффициенты позволяют учесть температурные и погодные особенности субъектов Российской Федерации при расчете расстояния от пожарного депо до объекта пожара, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Поправочные коэффициенты на природно-климатические условия региона (k_2)

Погодно-климатические условия	Описание	Поправочные коэффициенты
Зона I подзона IA	Зимний расчетный период является единственным, поскольку переходные периоды очень короткие (20-60 суток в году) и ими можно пренебречь. Скользкость покрытия определяется только гололедом и наличием накатанного или рыхлого слоя снега на покрытии.	0,94
Зона I подзона IB	Зимний расчетный период дополняется значительным по длительности (60-100 суток) переходным периодом.	0,96
Зона I подзона IB	Длительность переходного периода достигает 120 суток. Расчетными условиями являются скользкость и сужение проезжей части из-за наличия гололеда, снежных отложений, выпадения осадков и грязных обочин.	0,98
Зона II	Переходные периоды длятся 40-110 суток, а зимний период 40-125 суток. Зимы в этих районах малоснежные с частыми оттепелями, поэтому расчетным состоянием дорог можно считать	1,00

	повышенную скользкость покрытия из-за увлажнения и загрязнения покрытия на обочинах и переходных полосах.	
Зона III	Зимний и осенне-весенний периоды весьма короткие и вместе составляют 90-110 суток. Основными расчетными условиями являются движение в период высокой температуры воздуха, а поверочными – условия движения в период выпадения дождей.	1,05

При определении поправочного коэффициента на категорию дороги (k_3) учитывалось, что для автомобильных дорог категории IVA-р, IVA-п, IVБ-п согласно ГОСТ Р 58818-2020 устанавливается расчетная среднесуточная интенсивность движения 100-400 авт./сут. Для автомобильных дорог категории IVБ-р среднесуточная интенсивность движения меньше 100 авт./сут., дорог категории VA – 50-99 авт./сут., дорог категории VB – менее 50 авт./сут.

Расчетная скорость для автомобильной дороги категории IVA-р лежит в пределах от 30 до 80 км/час, в зависимости от категории рельефа. Для автомобильной дороги категории IVБ-р расчетная скорость лежит в пределах от 30 до 60 км/час.

Для автомобильных дорог, имеющих назначение «подъезды», в зависимости от категории дороги и категории рельефа местности расчетная скорость варьируется в пределах от 20 до 70 км/час.

Значения поправочного коэффициента k_3 были определены с использованием экспоненциальной зависимости:

$$k_3 = \exp\left(-\alpha_1 \left(1 - \frac{I_{\text{расч}}}{\beta_1}\right)\right) \exp\left(-\alpha_2 \left(1 - \frac{v_{\text{расч}}}{\beta_2}\right)\right), \quad (1)$$

где:

$\alpha_1=0,08$, безразм, $\alpha_2=0,2$, безразм, $\beta_1=300$ ед./сут., $\beta_2=60$ км/час.

В зависимости от категории дороги полученные значения коэффициента k_3 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Поправочные коэффициенты на категорию дороги (k_3)

Класс автомобильной дороги	Категория дороги	Поправочные коэффициенты		
		Равнинный рельеф	Пересеченный рельеф	Горный рельеф
Распределительная дорога	IVA-р	1,10	1,00	0,95
	IVБ-р	1,06	0,97	0,92
Подъезд	IVA-п	1,02	0,94	0,89
	IVБ-п	0,98	0,91	0,86
	VA	0,94	0,88	0,83
	VB	0,90	0,85	0,80

На территории производственного предприятия располагаются элементы инфраструктуры, такие как: подъездные железнодорожные пути, конвейеры, трубопроводы, что может приводить к пространственному дефициту для размещения автотранспортной инфраструктуры (дороги, парковки, остановочные комплексы). Данная проблема может отрицательно сказаться на скорости перемещения пожарных автомобилей по территории производственных объектов к месту пожара.

Помимо этого, на движение пожарных автомобилей по территории промышленных предприятий могут повлиять такие факторы как:

- производство хозяйственных и земляных работ в условиях плотной производственной застройки;
- проведение погрузочно-разгрузочных работ возле складских помещений;
- передвижение крупногабаритного грузового автотранспорта по дорожной сети производственного объекта;
- интенсивное перемещение рабочего персонала производственного объекта и т.д.

Как отмечается в работе [4] влияние указанных факторов возрастает с увеличением плотности застройки, увеличение плотности застройки влечет увеличение количества транспорта на единицу площади территории.

Основой для проектирования зданий, сооружений и транспортной инфраструктуры производственного объекта служит генеральный план промышленного предприятия, составление которого регламентируются сводом правил 18.13330.2019, требования которого связаны с повышением уровня безопасности персонала на территории производственных объектов. В этой связи СП 18.13330.2019 определяют требования к размещению зданий и сооружений производственных объектов, в том числе инженерным коммуникациям, путем введения минимального коэффициента застройки территории производственных объектов, с различной отраслевой принадлежностью.

Проведенный анализ показателей минимального коэффициента застройки для производственных объектов ($P_{zy}, \%$), позволил построить распределение со средним значением $m = 43,4$ и среднеквадратичным отклонением $\sigma = 11,9$.

На этой основе было определено:

при $P_{zy} < 31,5$, где $31,5 = m - \sigma$, объекты относятся к категории с низкой плотностью застройки. При данных значениях P_{zy} величина коэффициента k_4 равна 1,1;

при $31,5 \leq P_{zy} < 55,3$, где $55,3 = m + \sigma$, объекты относятся к категории со средней плотностью застройки. При данных значениях P_{zy} величина коэффициента k_4 равна 1,0;

при $55,3 \leq P_{zy}$ объекты относятся к категории с высокой плотностью застройки. При данных значениях P_{zy} величина коэффициента k_4 равна 0,9.

Исходя из проведенного анализа предложена расчетная формула для определения радиуса обслуживания, радиус зоны обслуживания объектовых подразделений пожарной охраны ($l_{об}$):

$$l_{об} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot l_0, \quad (2)$$

где:

l_0 – базовый радиус обслуживания объектового подразделения пожарной охраны. Принимается равным 5 км [5].

Список источников

1. Martin, D. Environmental impact of fire / D. Martin, M. Tomida, B. Meacham // Fire Science Reviews. – 2016. – V. 5, I. 5. – P. 1-21. DOI: 10.1186/s40038-016-0014-1.
2. Huang, Z. The impacts of wildfires and wildfire-induced air pollution on mortality in the United States / Z. Huang, M. Skidmore // Environmental Challenges. – 2025 – V. 21. – P. 101339-101361. [https:// DOI: 10.1016/j.envc.2025.101339](https://doi.org/10.1016/j.envc.2025.101339).
3. Оценка состояния пожарной опасности предприятий для целей нормирования ресурсов объектовой пожарной охраны / О. В. Стрельцов, Е. В. Бобринев, Е. Ю. Удавцова [и др.] // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов XII всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 22 апреля 2025 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2025. – С. 377-381.

4. Большеротов, А.Л. Методика расчета степени концентрации строительства по транспортному критерию / А.Л. Большеротов // Жилищное строительство. – 2012. – № 1. – С. 34-38.
5. Определение области нормативного обслуживания подразделения пожарной охраны / В. А. Маштаков, О. В. Стрельцов, Е. В. Бобринев [и др.] // Безопасность жизнедеятельности. – 2024. – № 1(277). – С. 52-56.

Pham Quoc Hung

University of Fire Prevention and Fighting of the Ministry of Public Security of Vietnam
(Phamquochung133@gmail.com, SPIN 4567-4052, ID: 1136450)

Prospects of development of scientific and technical capacity for fire protection of the Socialist Republic of Vietnam

Abstract. The article presents the development directions for the fire service and search and rescue operations in Vietnam within the context of globalization. The primary focus is on enhancing human resource quality, improving force structure and the legal framework, and investing in modern equipment. Simultaneously, it emphasizes the role of science, technology, and international cooperation in increasing the operational efficiency of these units.

Keywords: Science, education, technology, fire protection, modernization, Vietnam

Фам Куок Хынг

Институт пожарной безопасности МОБ Вьетнама

Перспективы развития научно-технического потенциала пожарной охраны Социалистической Республики Вьетнам

Аннотация. В статье представлены направления развития противопожарной службы и поисково-спасательных работ во Вьетнаме в условиях глобализации. Основное внимание уделяется повышению качества человеческих ресурсов, совершенствованию структуры сил, правовой базы и инвестициям в современное оборудование. Одновременно подчеркивается роль науки, технологий и международного сотрудничества в повышении эффективности деятельности подразделений.

Ключевые слова: Наука, образование, техника, пожарная охрана, модернизация, Вьетнам.

The ongoing process of globalization has placed increasing pressure on the Socialist Republic of Vietnam to modernize and restructure sectors that are directly or indirectly linked to scientific and technological development. In this context, ensuring a high level of public safety has become a critical requirement for sustainable socio-economic growth, particularly in rapidly urbanizing and industrializing regions. Among the various dimensions of public safety, fire prevention, firefighting, and emergency rescue operations play a pivotal role due to their direct impact on the protection of human life, property, and critical infrastructure [1].

In Vietnam, the responsibility for organizing and implementing firefighting and emergency rescue activities is assigned to specialized forces under the Ministry of Public Security. These forces operate within a centralized management framework, allowing for unified command, coordinated response, and effective mobilization of resources during emergency situations. As Vietnam continues to experience rapid economic development, urban expansion, and the proliferation of high-rise buildings, industrial zones, and complex transportation systems, the demand for advanced fire safety technologies, professional training, and scientifically grounded operational strategies has increased significantly.

Consequently, the modernization of firefighting and emergency rescue forces, including the application of scientific research, technological innovation, and international best practices, has become an essential task. Strengthening these capabilities not only enhances the effectiveness of emergency response but also contributes to national resilience and long-term sustainable development in the context of global integration.

In the coming years, the personnel of fire safety and emergency rescue work must focus their main attention on the following development directions:

1. Strengthening educational work in the units is an important direction for the development of the fire protection service. Systematic political and legal informing of personnel serves as the basis for forming a stable moral and psychological climate in the collectives. Ideological education in the spirit of loyalty to the people and the state is of particular importance for employees whose professional activity involves risk to life in saving citizens. In this regard, scientific research in the field of professional ethics for firefighters appears to be a promising direction with significant potential for practical application.

2. Improving the organizational structure of fire safety forces to enhance emergency response performance.

The realization of this task requires a scientifically sound approach, involving the development and implementation of modern organizational models that consider the totality of key factors determining the effectiveness of fire departments' operations. These factors include the nature of construction/development, the level of technogenic load, transport accessibility, response time, as well as the scope and complexity of tasks performed. In this regard, the justification of the optimal personnel strength and its distribution structure is required to ensure the fulfillment of set tasks amid territorial growth, urbanization, and modernization processes.

3. Development of qualification improvement programs for fire protection personnel. Officers require up-to-date knowledge not only in firefighting but also in modern information technologies. The needs of officers, especially high-level leaders, must be considered when developing training plans.

In the Socialist Republic of Vietnam, international cooperation is actively developing in the field of fire-technical education and scientific research with countries possessing significant experience in fundamental and applied sciences, which facilitates knowledge exchange, the adoption of advanced technologies, and the improvement of specialist training quality.

4. Improving the regulatory framework in fire safety, taking into account scientific analysis of international experience. Based on research data, practical recommendations must be developed for the units. It is also necessary to strengthen work with the public and organizations on studying the normative legal acts on fire safety, in order to increase the level of knowledge, awareness, and responsibility. In the work on public enlightenment, attention must be paid to every type of facility, area, and locality in order to issue campaign materials that fully correspond to the actual object.

The study of feedback on the implementation of the regulatory framework is considered by us to be a promising and necessary area of research. This will allow for the evaluation of the results of legislation implementation and the adoption of sound management decisions for specific regions [2].

5. Improving the quality of training for fire protection personnel and rescue units is an important task given that a significant portion of firefighters needs modern knowledge and skills [3].

Committees and unit leaders at all levels must have a plan for the training and development of personnel with professional qualifications, extensive knowledge, and experience in fire safety and emergency rescue operations. Fighters and officers must be trained in the basics of political knowledge, legislation, and foreign languages.

The incentive system and the creation of conditions to ensure that the employee is personally interested in training play an important role in organizing the training process. When appointing to command and leadership positions, the level of professional knowledge must absolutely be taken into account.

Human resources departments need to identify employees possessing leadership qualities, high moral standards, and competence, who should become examples for all fire protection personnel.

We particularly wish to draw attention to the fact that in the context of international integration, more attention should be paid to the study of foreign languages and modern information technologies. If the resulting profile of an employee is supplemented with deep scientific knowledge, we will obtain a person ready to solve modern fire safety tasks.

6. The development of scientific and technical potential is impossible without equipping the units of the Socialist Republic of Vietnam with modern fire-technical armament [3].

The processes of urbanization, population growth in cities, increasing building heights, and the formation of areas with high construction density objectively increase the level of fire risks and the complexity of carrying out emergency rescue operations. Under these conditions, there is a need for targeted state investments in the acquisition of high-tech firefighting equipment, rescue vehicles, and specialized equipment that ensure increased speed, efficiency, and safety of personnel actions.

7. It is necessary to systematically develop and institutionalize international cooperation with the rescue services of foreign states, aimed at exchanging professional experience, increasing interoperability, and readiness to provide mutual assistance in cross-border and international emergencies.

The implementation of this direction involves the transfer and adaptation of advanced technologies, the conduct of joint exercises and training events, as well as the development of joint research and educational programs, which collectively contribute to increasing the efficiency and resilience of the national fire safety and emergency rescue system.

Thus, we have identified the main directions for developing the scientific and technical potential of the Fire Protection of the Socialist Republic of Vietnam. The results obtained at this stage allow us to predict the further development of both the technical equipment of the units and the growth in the educational level of the staff.

References

1. National Assembly (2024), Law No. 55 on Fire Prevention, Firefighting, and Rescue Operations.

2. Pham Quoc Hung, Krasnokutsky D.V., Lyashenko S.M. Improving the efficiency of state management in ensuring fire safety in multi-story residential buildings in the capital of Vietnam - Hanoi // Problems and prospects of fire-technical expertise and supervision in the field of fire safety / Proceedings of Section No. 11 of the XXIX International Scientific and Practical Conference. 2019 / Publisher: Academy of Civil Protection of the EMERCOM of Russia (Khimki). pp. 73-78.

3. <https://bocongan.gov.vn/bai-viet/xay-dung-luc-luong-canh-sat-phong-chay-chua-chay-va-cuu-nan-cuu-ho-that-su-trong-sach-vung-manh-chinh-quy-tinh-nhue-hien-dai-1755757388> Phan Anh. Building a truly clean, strong, regular, elite, and modern Fire Prevention, Fighting and Rescue Police Force. Date of access: 21.08.2025.

Кирилл Сергеевич Шалимов

Главное управление МЧС России по г. Москва, г. Москва, Россия (1122086@mail.ru, SPIN 3195-0541, ID: 1264400)

Модель идентификации местоположения человека с использованием цифрового двойника при проведении поисково-спасательных работ

Аннотация. В статье представлена модель идентификации местоположения человека внутри здания при проведении поисково-спасательных работ с использованием технологии цифрового двойника. Описаны архитектура системы, математические методы определения координат, алгоритмы фильтрации и корректировки данных с учётом геометрии здания и динамики распространения опасных факторов. Приведены визуализации, таблицы и формулы, демонстрирующие преимущества цифрового двойника по сравнению с традиционными методами поиска пострадавших. Показано, что использование цифрового двойника позволяет повысить точность определения местоположения до 0,1-0,3 м и сократить время поиска более чем в два раза.

Ключевые слова: цифровой двойник, поисково-спасательные работы, позиционирование, система поддержки принятия решений, задымление, эвакуация.

Kirill S. Shalimov

The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moscow, Russia

A model for identifying a person's location using a digital doppelganger during search and rescue operations

Abstract. The article presents a model for identifying a person's location inside a building during search and rescue operations using digital twin technology. The architecture of the system, mathematical methods for determining coordinates, algorithms for filtering and correcting data, taking into account the geometry of the building and the dynamics of the spread of dangerous factors, are described. Visualizations, tables, and formulas are provided that demonstrate the advantages of a digital twin over traditional victim search methods. It is shown that the use of a digital twin makes it possible to increase the accuracy of location determination to 0.1-0.3 m and reduce the search time by more than half.

Keywords: digital twin, search and rescue operations, positioning, decision support system, smoke, evacuation.

Поисково-спасательные работы (ПСР) в условиях пожара или другой чрезвычайной ситуации требуют оперативного получения информации о местоположении людей внутри здания [1]. Традиционные методы – визуальный осмотр, тепловизоры, голосовой поиск – обладают низкой эффективностью в условиях задымления, разрушений и отсутствия видимости.

Технология цифрового двойника позволяет создать виртуальную копию здания, в которой в реальном времени отображаются:

- положение людей,
- состояние путей эвакуации,
- распространение дыма и огня,
- работа инженерных систем [2].

Целью данной работы является разработка модели идентификации местоположения человека с использованием цифрового двойника для повышения эффективности ПСР.

На рисунке 1 представлена архитектура предлагаемой информационно-аналитической системы позиционирования мобильных устройств для поиска пострадавших в местах с массовым пребыванием людей [3, 4].

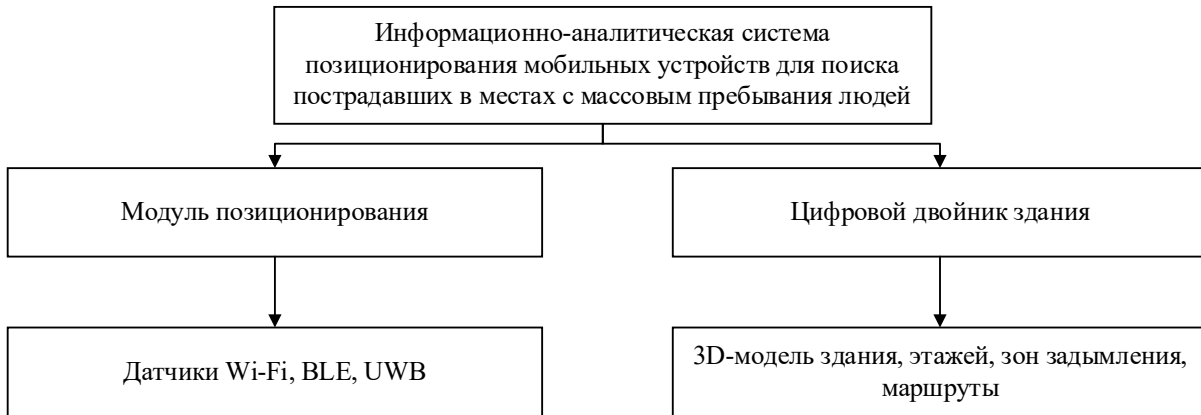


Рисунок – Архитектура информационно-аналитической системы позиционирования мобильных устройств для поиска пострадавших в местах с массовым пребыванием людей

Предлагается использовать следующую математическую модель определения координат пострадавших, включающую модель расстояния по RSSI и триангуляцию методом наименьших квадратов.

Модель расстояния по RSSI описывается логарифмическим законом затухания:

$$d_i = d_0 \cdot 10^{\frac{RSSI_0 - RSSI_i}{10n}}, \quad (1)$$

где:

d_i – расстояние до точки доступа,

$RSSI_i$ – измеренный уровень сигнала,

n – коэффициент среды.

Применяется триангуляция методом наименьших квадратов. Пусть координаты точек доступа:

$$A_i = (x_i, y_i), i = 1..N. \quad (2)$$

где:

x_i, y_i – координаты точек доступа согласно осям абсцисс и ординат.

Тогда координаты человека (пострадавшего) определяются решением:

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 = d_i^2. \quad (3)$$

Минимизируем:

$$\min_{x,y} \sum_{i=1}^N [(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 - d_i^2]^2. \quad (4)$$

Далее необходимо скорректировать координаты цифровым двойником.

Цифровой двойник накладывает следующие ограничения:

$$(x, y) \notin \Omega_{\text{стены}}, (x, y) \notin \Omega_{\text{задымление}}. \quad (5)$$

где:

$\Omega_{\text{стены}}$ – множество точек, которые заняты стенами,

$\Omega_{\text{задымление}}$ – область, где концентрация дыма превышает допустимые значения.

Коррекция выполняется проекцией:

$$(x', y') = \text{proj}_{\Omega_{\text{доступные}}}(x, y). \quad (6)$$

где:

$\Omega_{\text{доступные}}$ – множество точек, где человек может физически находиться.

Таким образом, произведена интеграция с цифровым двойником.

Сведем в таблицу 1 результаты сравнения разных методов определения координат человека (пострадавшего) при ПСР в местах с массовым пребыванием людей.

Таблица – Сравнение методов определения координат человека (пострадавшего)

Наименование метода	Средняя ошибка	Учет задымления	Учет геометрии здания
RSSI-триангуляция	1,2 м	Нет	Нет
RSSI + МНК	0,8 м	Нет	Нет
RSSI + Калман	0,3 м	Нет	Нет
Цифровой двойник	0,1–0,3 м	Да	Да

Рассмотрим эффективность применения метода цифрового двойника для определения координат пострадавшего при проведении ПСР в местах с массовым пребыванием людей.

Пусть ошибка триангуляции ε :

$$\varepsilon = \sqrt{(x - x^*)^2 + (y - y^*)^2}. \quad (7)$$

В модели цифрового двойника вводится ограничение по геометрии окружающего пространства:

$$(x, y) \in \Omega_{\text{геометрия}}$$

Тогда:

$$\varepsilon' = \min_{(x', y') \in \Omega_{\text{геометрия}}} \sqrt{(x' - x^*)^2 + (y' - y^*)^2}. \quad (8)$$

Так как область $\Omega_{\text{геометрия}}$ исключает невозможные точки (за стенами, вне помещений), то:

$$\varepsilon' \leq \varepsilon. \quad (9)$$

Следовательно, модель цифрового двойника математически гарантирует уменьшение ошибки.

Разработанная модель идентификации местоположения человека с использованием цифрового двойника:

- обеспечивает точность 0,1–0,3 м,
- корректирует координаты с учётом геометрии здания,
- учитывает задымление и заблокированные зоны,
- интегрируется с алгоритмами ПСР,
- сокращает время поиска пострадавших.

Технология цифрового двойника является перспективным направлением развития систем поддержки принятия решений при проведении поисково-спасательных работ в условиях пожаров и чрезвычайных ситуаций в местах массового пребывания людей.

Список источников

1. Мокшанцев, А. В. Алгоритм использования динамической 3D модели здания для поиска пострадавших / А. В. Мокшанцев, К. С. Шалимов, Д. С. Береснев // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2025. – № 1(36). – С. 32-38. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2025.11.12.003. – EDN ZWEBRK.
2. Шалимов, К. С. Идентификация местоположения человека на объектах с массовым пребыванием людей с помощью цифрового двойника / К. С. Шалимов // Материалы международной научно-технической конференции "Системы безопасности". – 2024. – № 33-1. – С. 121-125. – EDN VEFPGY.
3. Шалимов, К. С. Разработка системы позиционирования мобильных устройств для поиска пострадавших в местах с массовым пребыванием людей / К. С. Шалимов // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – 2025. – № 14. – С. 252-256. – EDN IHHLEQ.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025616067 Российская Федерация. РАПС : заявл. 08.03.2025 : опубли. 13.03.2025 / И. Л. Гурьян,

Д. В. Крикуненко, А. В. Мокшанцев [и др.] ; заявитель ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "СОК". – EDN TFUJGA.

Сергей Витальевич Томин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (tominfireexpert@yandex.ru)

Проблемы при устройстве подъездов к зданиям в городской застройке для пожарных подразделений и их решение

Аннотация. В городской застройке для подъезда к зданиям и сооружениям предусматриваются проезды. Эти же проезды пожарные подразделения используют при тушении пожаров, но по ним очень часто невозможно проехать пожарным подразделениям при парковке на них машин граждан. Предлагаются пути решения такой проблемы.

Ключевые слова: внутриплощадочные проезды, подъезд и проезд для пожарных машин, внутренний двор без машин, ширина проезда и расстояние от него до фасада здания.

Sergey V. Tomin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Problems in the construction of entrances to buildings in urban areas for fire departments and their solution

Abstract. In urban areas, driveways are provided for access to buildings and structures. Fire departments use the same passageways when extinguishing fires, but it is very often impossible for fire departments to drive through them when citizens' cars are parked on them. Ways to solve this problem are proposed.

Keywords: on-site passageways, an entrance and passage for fire trucks, a courtyard without cars, the width of the passage and the distance from it to the facade of the building

Для подъезда к зданиям для их функционирования предусматриваются проезды, а для обеспечения деятельности пожарных подразделений эти же проезды используются при тушении пожаров [1]. К проездам предъявляются требования по их ширине и на каком расстоянии от фасада здания они должны располагаться. Эти требования зависят от высоты зданий.

При съезде с городских магистралей на внутриплощадочные проезды жилой застройки пожарные подразделения сталкиваются с большой загруженностью этих проездов легковыми автомобилями граждан, которые оставляют свои автомобили на них для парковки. Особенно сложная обстановка наблюдается, когда легковые автомобили располагаются на проезде вдоль тротуара, так как для проезда остается очень узкая проезжая часть, не позволяющая проезжать пожарным автомобилям к месту вызова.

Обычно автомобили (при отсутствии парковочных карманов) паркуются вдоль тротуара или с заездом на тротуар, ограничивая при этом проход пешеходов по тротуару. Когда легковые автомобили стоят вдоль кромки проезда, где нет тротуара, что наблюдается крайне редко, то пожарная машина может воспользоваться шириной тротуара вдоль противоположной стороны проезда по п.8.1.4 [2] и, используя его, проехать к месту пожара. Но для этого необходимо, чтобы эта сторона проезда защищалась знаком 5.27 "Зона с ограничением стоянки" или 3.28 "Стоянка запрещена" [3]. Противоположный край проезда (без тротуара) в этом случае должен обозначаться знаком 5.29 "Зона регулируемой стоянки" или 6.4 "Парковка (парковочное место)" [3] с табличкой 8.4.3.2 "Вид транспортного средства" (распространяет действие знака на легковые автомобили, а также грузовые автомобили с разрешенной максимальной массой до 3,5 т, хотя стоящие Газели еще более усугубляют

обстановку с проездом, их стоянка на проездах во дворах должна быть запрещена) и с дополнительной табличкой 8.6.1 "Способ постановки транспортного средства на стоянку" (которая указывает, что все транспортные средства должны быть поставлены на стоянку параллельно краю проезжей части, т.е. только вдоль бордюрного камня). Только так можно увеличить вероятность незагромождения проезжей части стоящими легковыми автомобилями и беспрепятственного проезда пожарных автомобилей к месту вызова на проездах около зданий.

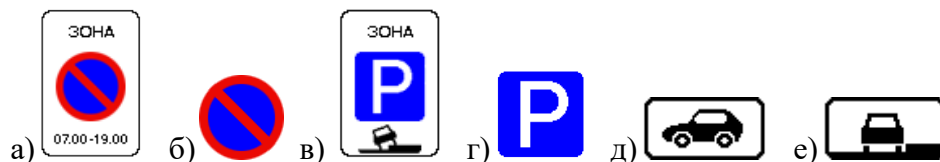


Рисунок – Знаки и таблички дорожного движения: а – знак 5.27, б – знак 3.28, в - знак 5.29, г - знак 6.4, д - табличка 8.4.3.2, е - табличка 8.6.1

В сложившиеся с 50-х годов прошлого века городской жилой застройке наблюдается хаотичное расположение вдоль фасада зданий существующих деревьев, имеющих значительную высоту и разросшуюся крону, что не позволяет даже при наличии проездов/подъездов установить прибывающее к месту пожара автолестницы или коленчатые подъёмники (далее - АЛ и КП). Действующие нормативные положения в таких случаях не действуют. Как говорится, что выросло, то выросло! Отсутствие таких естественных преград пока наблюдается только около вновь построенных зданий в соответствии с п.8.1.2 [2], но это только пока. А со временем они вырастут и разрастутся. На стадии эксплуатации посадят новые деревья или они сами вырастут, что впоследствии приведет к возникновению преграды для использования АЛ и КП при их установке для тушения пожара. В этом случае необходимо не предусматривать рядовую посадку деревьев и проводить с привлечением администрации регулярную санитарную рубку деревьев, мешающих установке АЛ и КП.

Кроме деревьев вдоль стороны проезда, примыкающего к зданию, устанавливаются столбы/опоры городского электроосвещения, на которых со временем в противоречие с п.8.1.2 [2] появляется большое количество воздушных линий, мешающих установке АЛ и КП, поэтому необходимо, чтобы столбы/опоры электроосвещения не располагались между проездом и зданием или на них не предусматривалось размещение воздушных линий. Прокладка таких линий между столбами должна быть только подземной, что конечно дороже, чем воздушная прокладка. Ликвидация воздушных линий, мешающих установке АЛ и КП, должна решаться администрацией поселения по обращению подразделений МЧС России.

Одной из проблем обеспечения пожарной безопасности жилых комплексов является принцип их проектирования, так называемый двор без машин, особенно, когда такой двор размещается над уровнем поверхности земли или на стилобате над поверхностью земли. Впервые, в начале 2000-х годов, столкнувшись во время работы по обеспечению пожарной безопасности жилищного комплекса с такой практикой проектирования, поставил себя на место начальника караула пожарных подразделений, который прибыл для тушения пожара. Подъезжаешь к жилому комплексу и можешь только объехать его по внешнему периметру, а к внутренним фасадам здания подступиться невозможно, т.к. к ним нет подъезда. Проектировщики (заказчики) объясняют эту ситуацию статусностью объекта, заботой о жильцах, повышением их безопасности, так как внутри на стилобате будет размещаться внутренний двор комплекса с детскими площадками, зонами отдыха - рекреация для жильцов и нет машин во дворе. Автомобилей во дворе не будет, для них предусматриваются подземные автостоянки, в том числе многоэтажные.

Когда задаешь вопрос, как и куда в случае необходимости подъехать автомобилю скорой помощи, полиции (о пожарных машинах немного позже), в ответ - доступ будет осуществляться через этаж подземной автостоянки и далее лифтами на 1-й этаж и потом на нужный надземный этаж лифтами надземной части комплекса. При этом от лифта подземной

автостоянки на уровне стилобата нужно пройти по внутреннему двору к нужному подъезду. Предлагается также, чтобы не ходить пешком по стилобату, подъехать по этажу автостоянку к нужному лифту. А как узнать, где находится этот нужный лифт? В подземной автостоянке ориентироваться достаточно сложно незнакомому с планировкой водителю. Такой поиск - это потеря времени. А для скорой помощи ещё возможен перенос необходимого оборудования, а потом еще и возможный перенос на носилках больного к машине.

Ещё больше проблем будет возникать у пожарных подразделений, прибывающих к месту вызова. Когда проектировщику/Заказчику начинаешь объяснять, как происходит процесс тушения пожара, о котором они только догадываются, оказывается, что они не учитывают габариты пожарных машин, не знают особенностей тушения пожара. Они забывают о том, что пожарная машина, в отличие от машин скорой помощи или полиции, по своим габаритам это уже грузовые автомашины. А машины с такими габаритами по высоте, длине и ширине не могут перемещаться в автостоянке из-за маленькой высоты помещений, высоты пандусов/рампы и ворот, а также радиусов поворотов.

Допустим увеличили высоты (а это дополнительные финансовые затраты Заказчика) этажа автостоянки, пандусов/рампы, ворот для обеспечения возможности проезда пожарных машин к лифту подземной части, но это только приехали. А как тушить пожар? Предлагают, чтобы пожарная машина (обычно это автоцистерна) останавливалась у лифта подземной автостоянки или около входа в лестничную клетку, которая ведет наружу, во внутренний двор. Лифты при пожаре не работают и стоят на основном посадочном этаже (обычно это уровень земли или уровень внутреннего двора) с заблокированными в открытом положении лифтовыми дверями. При пожаре могут работать только пожарные лифты при их управлении из кабины лифта. Но для этого еще нужно подняться по лестничной клетке на уровень стилобата, чтобы получить у администрации/службы охраны ключ для разблокировки и управления пожарным лифтом из кабины. А это потеря времени!

Получается, что воспользоваться лифтами можно, как предлагают проектировщики, но только пожарными лифтами и только для перемещения личного состава и необходимого оборудования. А как же тушить пожар? От пожарной автоцистерны нужно же проложить рукавную линию со стволом. На лифте это не сделаешь. Предлагают осуществлять эту операцию по лестничной клетке из автостоянки во внутренний двор, потом через внутренний двор по лестничной клетке надземной части на нужный этаж к очагу пожара. А это опять потеря времени! Протяженность рукавной линии, особенно, если это многоэтажная автостоянка, добавляет потери давления для возможной подачи воды на этажи в надземной части здания. Можно, конечно, на стадии проектирования проложить сухотруб с кранами и соединительными головками для присоединения пожарных рукавов на этажах из подземной автостоянки в надземную часть здания (но это опять дополнительные финансовые затраты Заказчика). А что делать после израсходования воды в автоцистерне? Также по указанному принципу прокладывать магистральную рукавную линию от пожарного гидранта городского водопровода? А магистральная рукавная линия всегда больше по диаметру рукавной линии от автоцистерны, значит, нужно и сухотруб тогда планировать большего диаметра (опять дополнительные финансовые затраты Заказчика).

Это достаточно сложная ситуация, но не пожарные люди об этом не знают, им такие особенности нужно разъяснять. А так как в правовых и нормативно-технических документах явного запрета на въезд автомобилей во двор нет, вот и придумывается такое неподходящее для пожарной охраны решение. Для запрета рассмотренного принципа проектирования при определенных условиях могут помочь требования о необходимости устройства подъезда пожарных автомобилей к жилым и общественным зданиям по всей их длине с двух продольных сторон в соответствии с п.8.1.1 [2]. Но двор без заезда машин спецтехники разных служб и их проезда к подъезду жилого дома, вход в который осуществляется только из внутреннего двора, проектировать ни в коем случае нельзя.

Есть еще и не пожарная проблема. Что делать жильцам жилого комплекса с крупногабаритным грузом, с завозом строительных материалов? В наземной части для этого

предусматривается грузовой лифт, которого обычно нет в подземных автостоянках. Тогда нужно устанавливать грузовые лифты в автостоянке (опять дополнительные финансовые затраты Заказчика). Предусматривать места для разгрузки машин (уже не легковых по габаритам) и места для временного хранения разгружаемых грузов в автостоянке (а это потеря финансовой выгоды Заказчика, теряются машиноместа, достаточно дорогие в автостоянке).

А что, если двор будет без легковых машин, но с заездом машин спецтехники? Что тогда? В этом случае во внутренний двор заезжают только служебные автомобили, возможно грузовые автомобили со стройматериалами и крупногабаритным грузом жильцов. Пожарные автомобили, включая АЛ и КП, могут перемещаться по проездам вдоль внутренних фасадов зданий беспрепятственно для обеспечения деятельности пожарных подразделений, но при использовании кровель стилобатов для проезда АЛ и КП конструкции стилобата должны рассчитываться на нагрузку от наиболее тяжелых АЛ и КП гарнизона (и не менее 16 тонн на ось).

Однако при этом возникает проблема обеспечения водой для тушения пожара, так как обычно предусматривается один въезд/выезд на стилобат/во внутренний двор. А для тушения пожара подача воды с расчетным расходом на пожаротушение любой точки каждого обслуживаемого здания должна обеспечиваться не менее чем от двух пожарных гидрантов, установленных на городской водопроводной сети (а для высотных зданий уже от трех пожарных гидрантов), с учетом прокладки рукавных линий длиной не более 200 м по дорогам с твердым покрытием, в том числе по проездам и подъездам для пожарной техники (п.8.9 [4]). А при одном проеме по периметру фасада комплекса зданий, через который можно проложить рукавные линии, обеспечить допустимое расстояние от пожарных гидрантов практически невозможно, потому что во внутреннем дворе, под поверхностью которого размещается подземная автостоянка, городские водопроводные сети не могут размещаться. Они могут размещаться только под поверхностью земли, в данном случае, только за габаритами жилого комплекса.

Если покрытие стилобата располагается выше уровня земли, то при работе с проектировщиками всегда приходилось предлагать предусматривать несколько проемов в фасаде с учетом расположения пожарных гидрантов с устройством открытой лестницы или лестничной клетки между поверхностью земли и уровнем внутреннего двора для возможности перемещения в случае пожара пожарных с оборудованием и прокладки рукавных линий на стилобат. Часто удавалось предусмотреть устройство сухотруба между поверхностью земли и уровнем внутреннего двора рядом с лестницей/лестничной клеткой, что позволяет уменьшить время прокладки рукавных линий.

Большую проблему при проектировании всегда представляло выполнение проездов для установки пожарной техники и расстояний между проездом и фасадом здания нормативной величины. Так при работе с турецкими проектировщиками при проектировании жилого комплекса в г. Москве в начале нынешнего века выяснилось, что ими ошибочно были приняты разрешенные размеры площадки для проектируемого здания, а проектная документация на стадии проект уже имела достаточно большую проработку, поэтому устройство проездов и расстояние между проездом для установки пожарной техники и фасадом здания нормативной величины невозможно было выполнить без изменения площади этажа здания и большой переделки проектных решений. Решение этого вопроса пришло не сразу.

Зная, что все выдвижные механизмы, в том числе АЛ и КП, имеют рабочие характеристики зон обслуживания в зависимости от высоты обслуживания и удаленности места установки автомобиля от фасада здания, было принято решение наложить эти рабочие характеристики на фасад здания для различных расстояний расположения автомобиля от фасада здания. Оказалось, что для данного объекта с ненормативным по п.8.4 [2] расстоянием от места установки АЛ и КП до фасада здания возможен доступ на этажи пожарных с АЛ и КП, которые прибывают к месту вызова в соответствии с расписанием выезда гарнизона. Проконсультировавшись с руководством нормативно-технического отдела УГПН ГУ МЧС России по г. Москве о таком возможном способе решения возникшей проблемы, было принято

решение о выполнении такой работы лицензированной организацией по обеспечению пожарной безопасности, согласовании ее с Управлением оперативного реагирования ГУ МЧС России по г. Москве и включении данных решений в Специальные технические условия по противопожарной защите объекта (далее - СТУ), которые в это время еще только разрабатывались. После согласования СТУ с предложенными мероприятиями по ненормативному размещению АЛ и КП около здания на нормативно-техническом Совете ГУ МЧС России по г. Москве такое решение стало часто применяться в практике обеспечения противопожарной защиты зданий в г. Москве, а потом и в других регионах.

В настоящее время оно существует в п. 8.1.3 [2] в следующем виде: «При невозможности выполнения требований нормативных документов в части устройства пожарных проездов, подъездов и обеспечения доступа подразделений пожарной охраны для тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ, возможность обеспечения деятельности подразделений пожарной охраны на объекте защиты должна подтверждаться в документах предварительного планирования действий по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ». А в разрабатываемом в настоящее время МЧС России изменении № 5 [2] вносятся предложения по его оформлению и без последующего согласования в составе СТУ.

Обеспечение доступа пожарных подразделений с АЛ и КП внутрь зданий особенно для высотных зданий осложняется устройством фасадов таких зданий из неоткрывающихся светопрозрачных витражей, обладающих достаточно большой прочностью (их практически невозможно разбить), что не позволяет осуществлять спасение людей. Только при вскрытии витражей от воздействия на них пламени возможно будет осуществлять действия по тушению. Большую опасность для личного состава и установленных около здания АЛ и КП будет представлять падение на землю с большой высоты разрушаемых при пожаре стекол витражей, обладающих значительной массой, что потребует повысить технику безопасности при тушении пожара.

Рассмотренные предложения по устройству проездов для пожарной техники позволят обеспечить успешный проезд и подъезд пожарных подразделений к месту вызова для обеспечения доступа пожарных подразделений с АЛ и КП на этажи зданий.

Список источников

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.
3. Правила дорожного движения - ПДД 2026 года.
4. СП 8.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности.

Али Рафикович Фератов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (ali_feratov@mail.ru , SPIN 2686-6244, ID: 1334131)

Олег Викторович Двоенко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (O.Dvoenko@academygps.ru, SPIN 2013-9651, ID: 772016)

Даниил Андреевич Кучмасов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (daniilkuchmasov@yandex.ru , SPIN 1368-7946, ID: 1234635)

Эрик Радикович Салимзянов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (owselfer73@xmail.ru)

Артем Александрович Музыкант

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (shp-13.exe@mail.ru)

Повышение эффективности пожаротушения электротранспорта применением водной среды в метастабильном фазовом состоянии

Аннотация. Статья посвящена проблеме пожаротушения электротранспорта, оснащенного литий-ионными аккумуляторными батареями. Рассмотрены статистические данные роста числа пожаров с участием электромобилей, проанализированы причины возникновения теплового разгона и сложности его подавления существующими средствами. Выявлены недостатки применяемых методов тушения — погружения, контролируемого сжигания и охлаждения большим количеством воды. В качестве перспективного решения предложено использование водной среды в метастабильном фазовом состоянии, обладающей уникальными термодинамическими свойствами и высокой охлаждающей способностью.

Ключевые слова: электротранспорт, литий-ионные аккумуляторы, тепловой разгон, пожаротушение, метастабильное состояние воды, тонкораспыленная вода.

Ali R. Feratov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Oleg V. Dvoenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Kuchmasov D. Andreevich

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Erik R. Salimzyanov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Artem A. Muzykant

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Improving the efficiency of electric transport fire suppression using a water medium in a metastable phase state

Abstract. The article is devoted to the problem of fire suppression for electric transport equipped with lithium-ion batteries. Statistical data on the increase in the number of fires involving electric vehicles are examined, the causes of thermal runaway and the difficulties of suppressing it with existing means are analyzed. The disadvantages of current extinguishing methods — submersion, controlled burning, and cooling with large amounts of water — are identified. As a

promising solution, the use of a water medium in a metastable phase state, which possesses unique thermodynamic properties and high cooling capacity, is proposed.

Keywords: electric transport, lithium-ion batteries, thermal runaway, fire suppression, metastable state of water, finely sprayed water.

Развитие электротранспорта является одним из приоритетных направлений мировой технической политики, направленной на снижение углеродного следа. Парк электромобилей в России превышает 150 тысяч единиц, и эта цифра продолжает расти. Однако наряду с экологическими преимуществами, эксплуатация электромобилей сопряжена с новыми вызовами в области пожарной безопасности. Специфика литий-ионных аккумуляторных батарей (ЛИАБ) — высокая плотность энергии, использование горючих электролитов, склонность к тепловому разгону (ТР), что в совокупности требует пересмотра традиционных подходов к тушению.

По данным МЧС России, в 2024 году зафиксировано 120 пожаров с участием электротранспорта, что на треть превышает показатель предыдущего года. При этом 40 % возгораний происходит при хранении, 30 % — во время зарядки и столько же — в результате дорожно-транспортных происшествий. Схожая динамика наблюдается и в других странах: прогнозные расчеты для Европы предполагают рост числа пожаров электромобилей до 5200 случаев в 2025 году и около 13700 — в 2030-м[6].

Цель настоящей работы — обоснование перспективности применения водной среды в метастабильном фазовом состоянии для повышения эффективности тушения электротранспорта на основе анализа недостатков существующих методов и физических особенностей процесса теплового разгона.

Ключевая опасность при эксплуатации электромобилей связана с явлением теплового разгона (thermal runaway) — неконтролируемой экзотермической реакции в элементах аккумуляторной батареи. Процесс инициируется при достижении критической температуры 150–180 °С и может быть вызван механическими повреждениями (при ДТП), электрическими перегрузками (короткое замыкание, перезаряд) или внешним нагревом.

Особенность теплового разгона заключается в его самоподдерживающемся характере: выделение тепла ускоряет разрушение соседних ячеек, вызывая цепную реакцию. Максимальная температура в очаге может превышать 1000–1200 °С. При этом выделяется более 100 различных химических веществ, включая горючие газы (водород, монооксид углерода), цианид водорода и фториды. Критически важно, что реакции внутри батареи могут протекать без доступа кислорода, поскольку электролит сам при разложении выделяет окислитель.

Данный механизм принципиально отличает пожары электромобилей от возгораний транспорта с двигателями внутреннего сгорания и обуславливает неэффективность традиционных методов пожаротушения, ориентированных на изоляцию очага от кислорода.

Современная практика пожаротушения электротранспорта базируется на трех основных подходах, каждый из которых имеет существенные ограничения.

Тушение большим количеством воды. Наиболее распространенным методом является подача воды непосредственно на горящий аккумуляторный блок. Как показали учения пермских пожарных, вода обеспечивает мгновенное снижение температуры и прекращает цепную реакцию горения [1]. Однако расход воды на один электромобиль может достигать 100 тысяч литров [1], что создает проблемы с водоотведением, наносит дополнительный ущерб имуществу и требует привлечения значительных ресурсов.

Эффективность водяного охлаждения подтверждена экспериментально: исследование Wang L. с соавторами показало, что применение тонкораспыленной воды полностью предотвращает распространение ТР между ячейками, обеспечивая снижение температуры термопар ниже 100 °С. Тем не менее, проблема заключается не в принципиальной способности воды тушить пожар, а в количестве, необходимом для отвода тепла, и в сложности доставки воды непосредственно к очагу, скрытому внутри герметичного корпуса батареи.

Метод погружения. Погружение горящего электромобиля или поврежденной батареи в специальный контейнер с водой рассматривается как эффективный способ гарантированного прекращения теплового разгона. Метод применяется при невозможности быстро потушить пожар на месте и позволяет полностью изолировать аккумулятор от окружающей среды [2].

Однако данный подход требует наличия специализированного оборудования (контейнеров для погружения), которое отсутствует в большинстве пожарных подразделений. Кроме того, погружение сопряжено с рисками короткого замыкания и требует последующей утилизации большого объема загрязненной воды.

Метод полного выгорания. В ситуациях, когда тушение невозможно или нецелесообразно, применяется тактика контролируемого выгорания. Спасатели обеспечивают изоляцию зоны пожара и защиту соседних объектов, позволяя аккумулятору полностью выработать свой химический потенциал. Начальник пожарно-спасательной службы Сан-Диего Р. Резенде отмечает: «Батарея просто должна отработать свой срок, и ее химический состав должен быть израсходован, прежде чем она перестанет гореть» [3].

Этот метод минимизирует расход огнетушащих веществ, но сопровождается интенсивным выделением токсичных продуктов горения, высоким тепловым излучением и риском распространения пожара на соседние объекты. Он может рассматриваться лишь как вынужденная мера при отсутствии альтернатив.

Ограниченная эффективность альтернативных средств. Экспериментальные исследования и практика учений демонстрируют неэффективность ряда традиционных средств. Порошковые огнетушители и воздушно-механическая пена не способны остановить тепловой разгон, так как не обеспечивают необходимого охлаждения [7]. Применение перфторгексанона (фторированного кетона) увеличивает интервал распространения теплового разгона на 427 секунд, снижая температуру корпуса до 267 °С, но не предотвращает полного развития процесса между ячейками. Противопожарное полотно также не останавливает реакцию внутри батареи [7].

Таким образом, анализ существующих методов выявляет ключевое противоречие: единственным надежным способом прекращения теплового разгона является интенсивный отвод тепла, который в настоящее время обеспечивается неэффективно большими объемами воды. Требуется решение, позволяющее повысить охлаждающую способность единицы объема воды и обеспечить ее проникновение в труднодоступные зоны аккумуляторной батареи.

Водная среда в метастабильном фазовом состоянии как перспективное средство тушения.

Физическая сущность метастабильного состояния воды. В термодинамике метастабильным называют состояние неустойчивого равновесия физической системы, в котором она может находиться длительное время. Применительно к водной среде такое состояние достигается при подаче воды, нагретой до температуры не менее 165 °С под давлением не менее 1,6 МПа (так называемой «недогретой воды»), через специальные насадки-распылители [2].

При истечении через насадок происходит взрывное вскипание: до 30 % массы воды переходит в пар, а оставшаяся часть дробится на капли размером от 0,01 до 10 мкм. Образующаяся паракапельная смесь находится в метастабильном состоянии и обладает уникальными свойствами [5].

Сравнительный анализ дисперсности и охлаждающей способности. Критическим параметром, определяющим эффективность пожаротушения, является удельная поверхность контакта воды с зоной горения. При переходе от компактной струи к метастабильному состоянию происходят следующие изменения [2, 5]:

- обычная вода из спринклера (капли ~1000 мкм) — 1 кг воды образует около $1,9 \times 10^6$
- капель с суммарной площадью поверхности 0,6 м²;
- водяной туман низкого давления (100 мкм) — $1,9 \times 10^9$ капель, 60 м²;
- тонкораспыленная вода (50–100 мкм) — $1,9 \times 10^{12}$ – $1,9 \times 10^9$ капель, 600–60 м²;

- метастабильная вода (0,01–10 мкм) — $1,9 \times 10^{18} - 1,9 \times 10^{15}$ капель, 60 000–6 000 м² [3].

Таким образом, суммарная поверхность контакта метастабильной воды на три порядка превышает показатели традиционной тонкораспыленной воды. Это обеспечивает:

- свехинтенсивный теплоотвод — испарение микрокапель происходит практически мгновенно, эффективно забирая теплоту фазового перехода;
- проникающую способность — парогазовая смесь способна проникать в микроскопические зазоры внутри аккумуляторного блока, достигая очага теплового разгона;
- экранирующий эффект — образующийся пар создает инертную атмосферу, снижая концентрацию кислорода, хотя для ЛИАБ это свойство вторично по отношению к охлаждению.

Обоснование применимости для тушения электротранспорта. Исследования Академии ГПС МЧС России подтвердили, что вода в метастабильном состоянии эффективна для тушения практически всех видов горючих веществ, не вступающих с водой в нежелательные реакции [6]. Моделирование процессов тушения полигонов твердых коммунальных отходов показало, что оптимальный диаметр капель для объемного тушения составляет 50 мкм, что достигается применением ствола с соплом в форме шайбы с острой кромкой [6].

Применительно к электротранспорту преимущества метастабильной воды реализуются следующим образом:

- охлаждение аккумуляторного блока происходит с минимальным расходом воды, что исключает проблему водоотведения и дополнительного ущерба;
- парокпельная струя обладает высокой дальностью (за счет конструкции сопел Лавалья) и одновременно способностью к объемному заполнению;
- отсутствие кислорода в струе снижает риск вторичных реакций.

Важно отметить, что реализация метода не требует принципиально нового оборудования — используются насадки-распылители специальной геометрии (сопла Лавалья, стволы-трансформеры) при сохранении рабочих давлений в пределах 12–16 атм [2], что приемлемо для существующей пожарной техники.

Практические рекомендации и перспективы внедрения

Переход к использованию водной среды в метастабильном состоянии для тушения электротранспорта требует решения следующих задач:

- техническое оснащение — разработка и сертификация пожарных стволов с насадками, обеспечивающими взрывное вскипание перегретой воды [2];
- обеспечение подачи перегретой воды — оснащение пожарных автомобилей системами подогрева воды до 165–200 °С либо использование компактных теплообменных устройств;
- обучение личного состава — отработка тактики применения метастабильных струй с учетом специфики электротранспорта (расположение батарей, зоны резки, высоковольтные линии);
- нормативное регулирование — включение метода в ведомственные нормы и правила тушения электротранспорта с учетом разрабатываемых МЧС требований к подземным парковкам и необходимости предоставления «карт спасения» от автопроизводителей [7].

Перспективным направлением также является комбинирование метастабильной воды с микромицеллярными добавками. Исследования показывают, что микроэмульсионные огнетушащие составы обладают охлаждающей способностью в 2,5 раза выше, чем деионизированная вода, а время тушения составляет всего 1/10 от контрольных значений. Низкое поверхностное натяжение таких составов дополнительно улучшает проникновение в батарейный блок.

Проведенный анализ позволяет сформулировать следующие выводы:

Пожары электротранспорта представляют собой самостоятельный класс пожаров, характеризующийся тепловым разгоном литий-ионных батарей, самоподдерживающимся характером горения, высокими температурами и выделением токсичных газов.

Существующие методы тушения имеют существенные недостатки: охлаждение большим количеством воды ресурсоемко и сопряжено с побочным ущербом; погружение требует специального оборудования; контролируемое сжигание экологически опасно. Пена, порошки и газовые составы неэффективны.

Водная среда в метастабильном фазовом состоянии, получаемая при взрывном вскипании перегретой воды, обеспечивает образование микрокапель (0,01–10 мкм) с суммарной поверхностью до 60 000 м² на 1 кг воды, что на три порядка превышает показатели традиционных распыленных струй.

Применение метастабильной воды позволяет реализовать интенсивный теплоотвод при минимальном расходе, обеспечить проникновение огнетушащего вещества непосредственно к очагу теплового разгона и сократить время ликвидации пожара.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на экспериментальную отработку параметров подачи метастабильной воды применительно к конкретным типам аккумуляторных блоков и разработку тактико-технических требований к пожарному оборудованию.

Список источников

1. Колчин, В. В. Особенности пожаротушения тяговых литий-ионных аккумуляторов транспортных средств / В. В. Колчин, А. В. Мироньчев, А. В. Долговидов // Актуальные вопросы пожаротушения : сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 28 мая 2021 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – С. 27-33. – EDN ZKAWWD.
2. Моделирование тушения пожаров полигонов твёрдых коммунальных отходов водной средой в метастабильном фазовом состоянии / А. Н. Кудрин, В. В. Роечко, Т. Н. Халикова, Р. В. Халиков // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2024. – № 3. – С. 73-80. – DOI 10.25257/FE.2024.3.73-80. – EDN GWPBBX.
3. Елисеев, Ю. Н. Анализ пожарной опасности литий-ионных аккумуляторных батарей / Ю. Н. Елисеев, А. В. Мокряк // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". – 2020. – № 3. – С. 14-17. – EDN SMRKKF.
4. Серцова, А. А. Разработка функциональных пожаротушающих материалов для защиты литий-ионных аккумуляторов / А. А. Серцова, С. В. Красильников // Актуальные проблемы пожарной безопасности : материалы XXXV Международной научно-практической конференции, Москва, 31 мая 2023 года. – Москва: Всероссийский ордена "Знак Почета" научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2023. – С. 561-568. – EDN BZEZYU
5. Поляков В., Полякова О. Возгорание «электричек»: что, где, когда // Транспортная безопасность. 2026. URL: <https://tbgazeta.by/vozgoranie-elektrichek/> (дата обращения: 01.03.2026).
6. Кулага, Н. В. Тушение пожаров литий-ионных аккумуляторных батарей / Н. В. Кулага // Современные проблемы обеспечения безопасности : Сборник материалов XXVI Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 24–25 апреля 2024 года. – Екатеринбург: Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2024. – С. 56-60. – EDN HAIKNF.
7. Оценка эффективности применения составов для тушения пожаров литий-ионных аккумуляторных батарей / О. В. Двоенко, А. Ф. Колбасов, Д. А. Кучмасов [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2024. – № 4. – С. 55-63. – DOI 10.25257/FE.2024.4.55-63. – EDN ZLTORA.

УДК 614.842
ББК 32.965

Иван Сергеевич Фогилев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (galich_ivan@mail.ru, SPIN 6792-0626, ID: 972535)

Евгений Андреевич Шухмин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (suhmine6@gmail.com, SPIN 6922-3500, ID: 1315748)

Повышение эффективности действий подразделений пожарной охраны за счет применения населением автономных дымовых пожарных извещателей на объектах ИЖС

Аннотация: Пожары в частных домовладениях часто сопровождаются существенным материальным ущербом, травмированием и даже гибелью граждан. Почти 80% всех техногенных пожаров происходит в частных жилых домах. К основным причинам возникновения пожаров необходимо отнести: неосторожное обращение с огнём, неисправность бытовых электронагревательных устройств и приборов, использование кустарных обогревателей. Современные материалы, которые используют при отделке жилых помещений, мебель и иные вещи, используемые в быту, при горении выделяют опасные для человека газы. В сравнении с материалами, используемыми несколько десятилетий назад современные вещества в разы ускоряют развитие пожара и минимизируют временной интервал первой фазы пожара, сокращая ее порой в несколько раз. Даже с учетом реагирования на пожары в интервал времени, установленный в нормативных документах в области пожарной безопасности (до 10 минут реагирование в городе и до 20 мин. реагирование в сельской местности) к моменту прибытия пожарно-спасательных подразделений к месту вызова пожары в жилье имеют развитый характер. В этом случае для предотвращения гибели людей объекты индивидуального жилого назначения должны быть оборудованы автономными дымовыми пожарными извещателями, которые наряду с ранним оповещением жителей о пожаре позволят прибывающим пожарно-спасательным подразделениям своевременно приступить к тушению пожара. В публикации представлены результаты анализа автономных пожарных извещателей, в зависимости от типа устройства и принципа, а также их применение на территории Российской Федерации и в зарубежных странах.

Ключевые слова: средства доставки, ущерб от пожара, безопасность энергетики, пожаротушение, вода, действия при пожаре.

Ivan S. Fogilev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Evgeny A. Shukhmin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Improving the effectiveness of fire protection units through the use of autonomous smoke detectors by the population at residential housing facilities

Abstract: Fires in private households are often accompanied by significant material damage, injury and even death of citizens. Almost 80% of all man-made fires occur in private residential buildings. The main causes of fires should include: careless handling of fire, malfunction of household electric heaters and appliances, and the use of artisanal heaters. Modern materials used in the decoration of residential premises, furniture and other things used in everyday life emit gases that are dangerous to humans when burning. Gorenje In comparison with the materials used several decades ago, modern substances significantly accelerate the development of a fire and minimize the

time interval of the first phase of a fire, sometimes reducing it several times. Even taking into account the response to fires in the time interval established in regulatory documents in the field of fire safety (up to 10 minutes response in the city and up to 20 minutes response in rural areas), by the time fire and rescue units arrive at the place of call, fires in housing have a developed character. In this case, in order to prevent the death of people, individual residential facilities should be equipped with autonomous smoke detectors, which, along with early notification of residents about the fire, will allow arriving fire and rescue units to start extinguishing the fire in a timely manner. The publication presents the results of an analysis of autonomous fire detectors, depending on the type of device and principle, as well as their application on the territory of the Russian Federation and in foreign countries.

Keywords: means of delivery, fire damage, energy safety, firefighting, water, actions in case of fire.

Важно отметить, что наибольшее число пожаров происходит в ночное время, когда люди не могут своевременно обнаружить возгорание и принять меры по его ликвидации. Согласно п 3.12 Приказа МЧС России от 31.07.2020 № 582 (ред. от 27.03.2025) "Об утверждении свода правил "Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования" (вместе с "СП 484.1311500.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования") представлено определение автономного пожарного извещателя [2].

Автономный пожарный извещатель — автоматический извещатель пожарный, в корпусе которого конструктивно объединены автономный источник питания и все компоненты, необходимые для обнаружения пожара и звукового оповещения о нем.

Некоторые преимущества автономных извещателей:

- Возможность реагировать на пожар в начальной стадии развития пожара в жилых домах. Это увеличивает шансы на спасение жизни и имущества.
- Автономность. Устройство работает от отдельного источника питания, такого как аккумуляторная батарея. Извещатель не зависит от основной электросети и будет эффективен в случае сбоя электричества.
- Простота установки и обслуживания. Не требуются провода или сложные системы монтажа.
- Современные возможности. Некоторые извещатели могут подключаться к сети Wi-Fi и через специальное приложение оповещать о пожаре собственника, даже если он находится вне дома.

С 1 марта 2023 года в Правила противопожарного режима в Российской Федерации внесены изменения, согласно которым в некоторых домовладениях, где проживают определённые группы людей, должны быть установлены автономные дымовые пожарные извещатели [1].

Одним из основных направлений профилактики бытовых или производственных пожаров является обнаружение их на ранней стадии. Для этого создаются специальные сигнализирующие и устройства оповещения – пожарные извещатели. Их главная цель зафиксировать, что произошло возгорание и оповестить о нем.

Наиболее распространенным видом в помещениях являются устройства дымового типа. Сейчас без их установки не обходится практически ни одна организация. В статье рассмотрим характеристики некоторых моделей, правила установки автономных пожарных извещателей и основные принципы их работы.

Устройство

Это устройство, которое реагирует на малейшее появление дыма сигналом и световым оповещением, получило название пожарный извещатель. Чаще всего имеет округлую форму и компактный размер.

Такие приборы работают в автономном режиме, то есть конструкция не предусматривает проводов и подключения к инженерным сетям помещения. Питание осуществляется от батарейки, которой хватает на год оптимальной работы устройства. При низком уровне заряда и необходимости заменить источник питания (батарейку), прибор оповестит вас мигающим световым индикатором.

Все модели пожарных извещателей имеют одинаковое устройство. Они состоят из датчика или чувствительного сенсора, элемента питания, светового датчика или звукового оповещателя. Источником звука выступает специальный преобразователь, имеющий низкое энергопотребление.

Основной принцип работы заключается в работе датчика. Он на постоянной основе проводит анализ воздушной среды в помещении. В корпусе извещателя, через который проходит окружающий воздух, подается питание на инфракрасные лучи, направленные друг напротив друга под определенным углом. При попадании дыма, они имеют свойство рассеиваться. Особый приемник фиксирует изменение лучей, сравнивает его с установленным нормативом.

При значительных отклонениях автоматически включается звуковое оповещение. Среднее время звучания 4 минуты.

Классификация

Технические устройства, осуществляющие оповещение о возгорании имеют разделение на следующие виды:

Автономные дымовые модели извещателей

Имеют наибольшую популярность среди всех противопожарных датчиков. Они моментально реагирует на появление частиц дыма в воздухе. По основному принципу функционирования бывают оптико-электронными и ионизационными.

Первые могут быть активными и пассивными. Активные оптико-электронные устройства излучают ультрафиолет или инфракрасное излучение в пространство и по полученному отклику выбирают дальнейший режим работы [4].

Пассивные приборы просто анализируют воздушную среду, ничего в нее не излучая.

Ионизационные модели пожарных извещателей не имеют широкого применения. Они работают на основе радиоактивных веществ. Такие приборы, не оказывают какой – либо опасности для человека, но возникает трудность с их последующей утилизацией.

Автономные комбинированные модели извещателей

Они реагируют не только на частицы дыма, но и принимают во внимание изменение температуры в помещении и появление других продуктов горения, включая огонь. Преимуществом является то, что такие устройства способны оповещать и при появлении газообразных и опасных аэрозольных веществ.

Принцип работы и где применяют

Автономные извещатели созданы для обеспечения пожарной безопасности в быту. Их радиус действия небольшой, поэтому основной сферой их применения являются жилые помещения. Удобно их использовать в небольших производственных помещениях (гараж, мастерская).

Автономные пожарные извещатели устанавливаются поквартирно, как в старых, так и в современных домах. Эффективнее устанавливать такие устройства с учетом количества отдельных помещений и площади. Один прибор в комнату. Это связано с радиусом действия. Датчик может поздно среагировать на возгорание, возникшее в другой комнате. Некоторые модели вполне допустимо объединять в одну оповестительную цепь. При активизации одного извещателя будут в автоматическом режиме задействованы и все остальные. Такой способ позволит оповестить гораздо большее количество людей, даже если они находятся в других помещениях.

Правила установки



Рисунок 1 – установка автономного пожарного извещателя

Установка извещателя пожарного

Нормативные требования по установке автономных пожарных извещателей представлены в СП 485.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования [3]. Установка прибора заключается в прикреплении его к потолку или к другой поверхности, где нет постоянных воздушных потоков. Например, над дверными проемами, возле окон, в углах дома лучше не устанавливать пожарные извещатели, так как это может увеличить число ложных сигналов.

На современном рынке стали появляться приборы, имеющие различные формы и расцветки. Они вполне могут вписаться в любой интерьер. Большое распространение получили приборы с несъемным блоком питания. Срок использования таких моделей составляет 10 лет.

Сама установка проста и не требует наличия особых умений. Необходимо к выбранному месту в помещении прикрутить специальный крюк, и повесить устройство. Для нормального функционирования нужно лишь периодически очищать прибор от пыли и своевременно менять элемент питания.

Основные требования

Перед тем, как приобрести прибор пожарной сигнализации следует ознакомиться с его характеристиками.

Они должны отвечать следующим установленным параметрам:

- Громкость звукового сигнала не превышает 85 дБ
- Сигнал должен звучать в среднем 4 минуты
- Наличие тестового запуска и светового индикатора
- Действие одного прибора распространяется на территорию в пределах 35-85 кв.м.
- Устройство должно функционировать при колебаниях температуры от + 55 до – 10 градусов

Основные требования к источнику питания заключаются лишь в том, что при подключении к внешней сети, напряжение не должно превышать 9 вольт. Кроме того, прибор должен автоматически оповещать о низком заряде батарейки. Напоминаем, обычный элемент питания съемного типа служит около 1 года, а несъемный источник питания – 10 лет.

На российском рынке популярность и хорошие отзывы приобрели пожарные автоматические извещатели дымового типа, которые производятся под брендом «Магистраль», «ИРСЭТ-Центр», «Рубеж» и «ООО Систем Инжиниринг». Рассмотрим более подробно наиболее распространенные модели.



Рисунок 2 – Конструкция автономного извещателя ИП-212-52СИ

Эта модель относится к оптико-электронному типу функционирования. Они сигнализируют на дым, возникающий при возгорании даже в небольшой концентрации. Используют его в зданиях различного назначения и закрытых сооружениях. На изменение температуры, уровня влажности или наличие открытого источника огня датчик не срабатывает, поскольку устройство распознает только частицы дыма.

В основе ИП 212 находится микроконтроллер. Именно на него возлагается задача обработки полученных из внешней среды результатов. Он максимально точен, что снижает количество ложных сигналов.

Относится к бюджетным вариантам, что делает его доступным для использования в различных организациях социального назначения. Корпус изготовлен по современным технологиям из качественного пластика.



Рисунок 3 – общий вид извещателя ДИП – 50М

Эта модель также относится к дымовому типу извещателей с оптико-электронной системой. Есть в наличии кнопка для проведения тестового запуска и световое оповещение.

В комплект обязательно входит планка для установки, источник питания и подробная инструкция. Отличительной характеристикой является то, что это устройство можно объединять в единую цепь с другими приборами этого типа до 8 штук. Охватывает территорию до 85 кв. м.

Функционирует в 4 режимах: дежурный, разряд источника питания, пожар и внешняя тревога. Используются чаще всего в жилых помещениях с несколькими комнатами. Имеют разную расцветку и дизайн.



Рисунок 4 – общий вид извещателя ДИП-34АВТ

Такую модель датчиков пожарной сигнализации можно объединять в единую группу оповещения до 38 устройств. Идет в комплекте с батареей типа «Крона».

Устанавливают на кухне, рядом с отопительными системами. Подходит для загородных дач и коттеджей. В режиме «Пожар» оповещает световым и звонким звуковым сигналом.

Достоинствами являются:

- обнаружение возгорания на раннем этапе;
- легкость в установке;
- защита от насекомых;
- наличие кнопки, нажав на которую прекращается звуковой сигнал;
- проверка при помощи кнопки «тестовый режим».

Как показывает мировой опыт, наиболее перспективными среди дымовых пожарных извещателей сегодня являются извещатели, имеющие встроенный несменный источник питания не менее чем на 10 лет работы. Известный немецкий испытательный центр VdS уже провел сертификацию нескольких десятков подобных изделий. Один из них - пожарный извещатель дыма HDv 3000 OSF фирмы detectomat GmbH - в апреле 2012 года демонстрировался в Москве на выставке MIPS 2012. Именно такие изделия видятся сегодня наиболее перспективными для защиты жилых помещений, ведь на протяжении всего срока службы в изделиях не требуется менять батарейки. С учетом того факта, что моральный срок жизни радиоэлектронных устройств составляет 5-7 лет, такие автономные пожарные извещатели будут служить до тех пор, пока новые более совершенные изделия не заменят их.



Рисунок 5 – Зарубежный датчик HDv 3000 OSF фирмы detectomat GmbH

Тuya. Автономный датчик дыма с беспроводным модулем Wi-Fi, который передаёт информацию на телефон через специальное приложение. Устройство использует

электрохимические датчики для точных показаний дыма и имеет защиту от ложного срабатывания.



Рисунок 6 – Зарубежный датчик Tuuya

Sibling Powernet-SM. Умный беспроводной датчик дыма (пожарный извещатель). Работает в экосистеме Tuuya Smart, имеет протокол связи Wi-Fi и беспроводное соединение.



Рисунок 7 – Зарубежный датчик Sibling Powernet-SM

TZT Alarm Fire Smoke Sensor. Автономный датчик дыма и огня.



Рисунок 8– Зарубежный датчик TZT Alarm Fire Smoke Sensor

Заключение

В статье проанализированы различные типы автономных датчиков обнаружения пожара в жилых зданиях, рассматриваемые технические устройства раннего обнаружения и сообщения о пожарах разрабатываются как отечественными, так и зарубежными

производителями. Автономные дымовые пожарные извещатели являются эффективным средством раннего обнаружения пожара, что значительно повышает шансы на спасение людей и сохранение имущества, одновременно с этим уменьшая столь необходимое время на эвакуацию и спасение людей для реагирующих подразделений пожарной охраны

Список источников

1. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. N 1479 "Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями).
2. Приказ МЧС России от 31.07.2020 № 582 (ред. от 27.03.2025) "Об утверждении свода правил "Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования" (вместе с "СП 484.1311500.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования")
3. СП 485.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.
4. Фогилев И.С., Шухмин Е.А. Проблематика гибели людей в зданиях жилого назначения // В сборнике: Системы Безопасности – 2025 №1. Тридцать четвёртой международной научно – технической конференции: материалы. Москва Академия МЧС России, 2025. С. 362 – 367.
5. Автономный дымовой пожарный извещатель: Виды и устройство.[Электронный ресурс] URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/avtonomnyiy-pozharniy-izveshhatel-ustroystvo-printsip-raboty-i-oblast-primeneniya/?ysclid=mlc62ak34y44404263>.
6. Ищенко, А. Д. Предложения по нормированию численности специализированных пожарно-спасательных частей ФПС ГПС МЧС России / А. Д. Ищенко, С. Г. Андросенко, К. Ю. Кириченко // Технологии техносферной безопасности. – 2023. – № 2(100). – С. 37-48. – DOI 10.25257/TTS.2023.2.100.37-48. – EDN NULCCG.
7. Андросенко, С. Г. Формализация и постановка задач управления при пожаротушении / С. Г. Андросенко // Технологии техносферной безопасности. – 2016. – № 2(66). – С. 128-133. – EDN YGDJWP.

УДК 614.841
ББК 38.96

Анриан Викторович Илюхин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия

Омак-Маадыр Николаевич Монгуш

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия

Николай Бадмаевич Джахляев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (adilyuhin@yandex.ru)

К вопросу организационного проектирования местного пожарно-спасательного гарнизона с учетом наиболее сложного объекта района выезда

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы организационного проектирования местных пожарно-спасательных гарнизонов с учетом характеристик наиболее сложного объекта района выезда подразделения. Проведен анализ статистики пожаров, численности личного состава и состава охраняемых объектов на примере 1 ПСЧ города Твери, 22 ПСЧ города Кызыла и 16 ПСЧ города Элисты. Показано, что существующая численность подразделений не всегда соответствует требованиям, формируемым наличием потенциально опасных объектов. Предлагается учитывать наиболее сложный объект района выезда при определении численности подразделений с последующим сопоставлением полученных требований с нормативными положениями СП 232.1311500.2015.

Ключевые слова: пожарная охрана, пожарно-спасательный гарнизон, район выезда, организационное проектирование, численность подразделений.

Andrian V. Ilyukhin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Omak-Maadir N. Mongush

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Nikolay B. Dzhakhlyayev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

On the issue of organizational design of a local fire and rescue garrison with consideration of the most complex facility within the response area

Abstract. The article considers issues of organizational design of local fire and rescue garrisons taking into account the characteristics of the most complex facility within the response area of the unit. An analysis of fire statistics, personnel strength and the composition of protected facilities was carried out using the example of fire and rescue station no. 1 in the city of Tver, fire and rescue station no. 22 in the city of Kyzyl, and fire and rescue station no. 16 in the city of Elista. It is shown that the existing staffing levels of units do not always correspond to the requirements formed by the presence of potentially hazardous facilities. It is proposed to take into account the most complex facility within the response area when determining the staffing levels of units, followed by comparison of the obtained requirements with the regulatory provisions of SP 232.1311500.2015.

Keywords: fire protection, fire and rescue garrison, response area, organizational design, staffing levels of units.

Организационное проектирование местных пожарно-спасательных гарнизонов является важным элементом системы обеспечения пожарной безопасности территорий. Одной

из ключевых задач данного процесса является определение необходимой численности подразделений пожарной охраны, обеспечивающей эффективное тушение пожаров и проведение аварийно-спасательных работ [1].

В настоящее время при формировании численности подразделений учитываются статистические показатели пожарной обстановки и нормативные требования. Однако данные подходы не всегда отражают специфику района выезда подразделений, включая наличие потенциально опасных объектов и объектов с массовым пребыванием людей [2].

Практика ликвидации пожаров показывает, что наибольшие требования к силам и средствам формируют наиболее сложные объекты района выезда [3]. К таким объектам относятся предприятия энергетики, крупные промышленные предприятия, объекты транспортной инфраструктуры, а также здания с массовым пребыванием людей.

В связи с этим возникает необходимость учитывать характеристики наиболее сложного объекта района выезда при организационном проектировании местных пожарно-спасательных гарнизонов. Целью исследования является обоснование подхода к определению численности пожарно-спасательных подразделений с учетом наиболее сложного объекта района выезда.

Основная часть

В качестве исходных данных использованы статистические показатели обстановки с пожарами, сведения о численности личного состава и характеристиках охраняемых объектов на территориях обслуживания следующих подразделений:

- 1 пожарно-спасательная часть города Твери;
- 22 пожарно-спасательная часть города Кызыла;
- 16 пожарно-спасательная часть города Элисты.

Анализ выполнялся на основе статистических данных о пожарах за последние годы, а также информации о штатной и фактической численности подразделений и составе объектов, расположенных в районах выезда. Методика исследования включала анализ пожарной обстановки, сравнительный анализ численности подразделений и оценку влияния наиболее сложных объектов района выезда на требования к силам и средствам пожарной охраны.

Анализ статистики пожаров показывает, что в Тверской области за последние годы наблюдается тенденция снижения их количества. Так, в 2020 году зарегистрирован 4291 пожар, в 2024 году – 2720 пожаров.

1 пожарно-спасательная часть города Твери имеет штатную численность 69 человек, фактическая численность составляет 66 человек, в каждом карауле несут службу 11-13 человек.

Район выезда подразделения характеризуется высокой концентрацией административных, культурных, образовательных, медицинских и промышленных объектов, включая предприятия энергетики и крупные промышленные предприятия.

В городе Кызыле в 2021 году произошло 817 пожаров, в 2022 году – 927, в 2023 году – 661, в 2024 году – 602 пожара. За шесть месяцев 2025 года зарегистрировано 666 пожаров.

22 пожарно-спасательная часть имеет штатную численность 59 человек, фактическую – 56 человек, в карауле несут службу 13 человек.

В районе выезда подразделения расположено большое количество социально значимых объектов, включая образовательные учреждения, учреждения здравоохранения, общежития, объекты газового хозяйства и объект повышенной пожарной опасности – Кызылскую ТЭЦ.

На территории Республики Калмыкия функционирует территориальный пожарно-спасательный гарнизон, включающий 206 подразделений пожарной охраны и аварийно-спасательных формирований.

В районе выезда 16 пожарно-спасательной части города Элисты расположен один из потенциально опасных объектов региона – аэропорт Элиста. В случае возникновения пожара на данном объекте предусматривается объявление повышенного ранга пожара с привлечением нескольких подразделений гарнизона.

Наличие подобных объектов формирует повышенные требования к численности сил и средств пожарной охраны.

Для оценки влияния наиболее сложных объектов района выезда на требования к численности подразделений был проведен сравнительный анализ рассматриваемых пожарно-спасательных частей.

Таблица – Сравнение пожарно-спасательных подразделений

Подразделение	Штатная численность	Фактическая численность	Численность караула	Наиболее сложный объект
1 ПСЧ г. Тверь	69	66	11-13	Завод вторичных драгоценных металлов
22 ПСЧ г. Кызыл	59	56	11-13	Кызылская ТЭЦ
16 ПСЧ г. Элиста	58	53	11-12	Аэропорт

Анализ показывает, что районы выезда подразделений характеризуются наличием сложных и потенциально опасных объектов. При возникновении пожара на подобных объектах требуется значительная группировка сил и средств, включая несколько пожарных автомобилей, подразделения газодымозащитной службы и дополнительные силы гарнизона.

Однако фактическая численность подразделений не всегда формируется с учетом требований, которые могут возникнуть при тушении пожара на наиболее сложном объекте района выезда.

Заключение

Проведенное исследование показало, что при организационном проектировании местных пожарно-спасательных гарнизонов необходимо учитывать характеристики наиболее сложных объектов района выезда подразделений.

Наличие предприятий энергетики, крупных промышленных предприятий, а также объектов транспортной инфраструктуры формирует повышенные требования к численности подразделений и готовности сил гарнизона.

В связи с этим при определении численности пожарно-спасательных подразделений целесообразно ориентироваться на требования, формируемые наиболее сложным объектом района выезда, с последующим сопоставлением полученных параметров с нормативными требованиями.

Дополнительно следует отметить, что при обосновании численности пожарно-спасательных подразделений целесообразно использовать положения СП 232.1311500.2015 (СП 232) [4], регламентирующие требования к проектированию подразделений пожарной охраны и их размещению. Нормативные положения данного документа могут применяться в качестве инструмента проверки расчетной численности подразделений, определенной с учетом наиболее сложного объекта района выезда [5]. Сопоставление расчетных параметров с требованиями СП 232 позволяет более обоснованно подходить к вопросам организационного проектирования местных пожарно-спасательных гарнизонов и при необходимости корректировать штатную численность подразделений.

Список источников

1. Приказ МЧС России от 15.10.2021 № 700 «Об утверждении методик расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны».
2. Приказ МЧС России от 08.02.2021 № 60 «Об утверждении Положения о порядке координации деятельности пожарной охраны».

3. Увалиев, Д. С. Реляционная модель управления сосредоточением пожарных подразделений для тушения крупных пожаров / Д. С. Увалиев, С. В. Соколов, Д. В. Тараканов // Технологии техносферной безопасности. – 2025. – № 1(107). – С. 36-51. – DOI 10.25257/TTS.2025.1.107.36-51. – EDN IPVXPD.
4. СП 232.1311500.2015 ПОЖАРНАЯ ОХРАНА ПРЕДПРИЯТИЙ. Общие требования.
5. Увалиев, Д. С. Подход к управлению высылкой пожарных подразделений по повышенным рангам на этапе предварительного планирования / Д. С. Увалиев, С. В. Соколов // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2025. – № 1(36). – С. 18-31. – DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2025.25.34.002. – EDN HVYFMQ.
6. Ищенко, А. Д. Предложения по нормированию численности специализированных пожарно-спасательных частей ФПС ГПС МЧС России / А. Д. Ищенко, С. Г. Андросенко, К. Ю. Кириченко // Технологии техносферной безопасности. – 2023. – № 2(100). – С. 37-48. – DOI 10.25257/TTS.2023.2.100.37-48. – EDN NULCCG.
7. Карпов, С. Ю. Рекомендации по оценке действий должностных лиц при тушении пожара в рамках пожарно-тактической экспертизы / С. Ю. Карпов, С. Г. Андросенко // Расследование преступлений: проблемы и пути их решения. – 2017. – № 3(17). – С. 192-198. – EDN ZWBHXB.

Секция 5

Юность пожарного дела

УДК 614.849
ББК 30р

Михаил Владимирович Бондаренко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (mischabo@mail.ru, SPIN 6434-4518, ID: 278150)

Леон Александрович Ифтоди

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (leon.07@mail.ru, SPIN 3854-9037, ID: 770156)

Анастасия Александровна Арцова

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (alapusina@bk.ru)

Специфика разведки пожара в помещениях с работающими кондиционерами и приточной вентиляцией

Аннотация. В статье рассматривается проблема ориентирования звеньев газодымозащитной службы при ведении разведки в зданиях, оснащенных функционирующими системами кондиционирования и приточной вентиляции. Актуальность исследования обусловлена тем, что традиционное тактическое правило движения «по направлению дыма» в условиях искусственного воздухообмена может приводить к грубым ошибкам и потере ориентации. На основе анализа аэродинамических процессов в задымленной среде и тактических особенностей работы в непригодной для дыхания атмосфере предложены практические рекомендации, позволяющие сохранить пространственную ориентировку и повысить эффективность действий звеньев газодымозащитной службы в таких условиях.

Ключевые слова: газодымозащитная служба, разведка пожара, кондиционирование воздуха, приточная вентиляция, движение дыма, дезориентация, нулевая видимость, тушение пожаров

Mikhail V. Bondarenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Leon A. Iftodi

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Anastasia A. Artsova

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

The specifics of fire exploration in rooms with working air conditioners and supply ventilation

Abstract. The article deals with the problem of orienting the links of the gas and smoke protection service when conducting reconnaissance in buildings equipped with functioning air conditioning and ventilation systems. The relevance of the study is due to the fact that the traditional tactical rule of movement "in the direction of smoke" in conditions of artificial air exchange can lead to gross errors and loss of orientation. Based on the analysis of aerodynamic processes in a smoky environment and the tactical features of working in an inhospitable atmosphere, practical recommendations are proposed to preserve spatial orientation and increase the effectiveness of the actions of the gas and smoke protection service units in such conditions...

Keywords: gas and smoke protection service, fire intelligence, air conditioning, ventilation, smoke movement, disorientation, zero visibility, fire fighting

Разведка пожара представляет собой совокупность действий, направленных на сбор информации об обстановке, отыскание людей, определение путей распространения горения и

корректировку боевых действий подразделений. Для звеньев газодымозащитной службы, работающих в среде, непригодной для дыхания, важнейшим фактором становится способность сохранять ориентацию в пространстве. В условиях плотного задымления и нулевой видимости пожарные традиционно ориентируются на направление движения дыма и конвективных потоков, полагая, что дым всегда движется от очага к периферии, к проёмам и вытяжным устройствам. Однако современная практика тушения пожаров на объектах с развитой инженерной инфраструктурой показывает, что данное правило работает далеко не всегда. Повсеместное оснащение зданий системами приточной вентиляции и кондиционирования, не отключёнными автоматикой или персоналом в начальной стадии пожара, создаёт мощные искусственные воздушные потоки, которые способны полностью менять картину распространения дыма. В результате звено, следующее за дымом, может прийти не к очагу, а, например, к работающему вентилятору приточной установки, что ведёт к неоправданной трате времени, ресурса дыхательных аппаратов и создаёт прямую угрозу жизни личного состава. Особенно остро эта проблема проявляется в зданиях со сложной планировкой - торговых центрах, подземных переходах, гостиницах, офисных комплексах, где размещение вентиляционного оборудования и воздуховодов часто носит хаотичный характер.

Для понимания механизма дезориентации необходимо обратиться к физике процессов, происходящих при пожаре в помещении с работающей вентиляцией [3]. В обычных условиях движение дыма и нагретых газов подчиняется действию трех основных факторов: тепловой депрессии, возникающей из-за разности плотностей нагретого и холодного воздуха; ветрового напора на ограждающие конструкции; а также работы штатных систем противодымной защиты. Однако когда в здании функционируют приточные установки или кондиционеры, не задействованные в противодымной вентиляции, ситуация принципиально меняется [1]. Приточный воздух нагнетается в помещения с определенной скоростью, создавая локальные зоны повышенного давления. Согласно исследованиям аэродинамики подземных сооружений и высотных зданий, такие искусственные потоки способны пересиливать естественную тягу пожара, особенно на начальной стадии, когда тепловой напор ещё невелик. Например, мощная приточная установка в коридоре может развернуть дым, идущий из горящего помещения, в обратном направлении, заставляя его двигаться не к вытяжным проемам, а в сторону лестничной клетки, где расположен воздухозабор [2]. В результате картина задымления становится крайне нестабильной: дым может идти волнами, менять направление каждые несколько секунд, образовывать завихрения и турбулентные зоны. Для звена газодымозащитной службы (далее - ГДЗС), оказавшегося в такой обстановке, визуальные ориентиры полностью теряют смысл - то, что секунду назад казалось направлением к очагу, вдруг сменяется потоком чистого воздуха, дующим в лицо.

Особую опасность представляет ситуация, когда пожарные, следуя привычной логике «идём за дымом», попадают в зону действия приточного вентилятора. Чистый воздух, нагнетаемый установкой, может быть ошибочно воспринят как близость выхода или разбитого окна, тогда как на самом деле это ведет в глубь здания, к техническим помещениям [4]. Более того, приток кислорода способен резко интенсифицировать горение, и звено, вышедшее из задымленной зоны в зону свежего воздуха, рискует оказаться в эпицентре внезапной вспышки или объёмной вспышки пожара. Известны случаи, когда при разведке в торговых центрах с работающими системами кондиционирования пожарные теряли ориентацию и, двигаясь против видимого движения дыма, уходили всё дальше от эвакуационных выходов, в итоге оказываясь в лабиринте подсобных помещений с интенсивным воздухообменом [4]. К счастью, многие такие инциденты заканчивались благополучно благодаря грамотным действиям постовых на посту безопасности, но цена ошибки могла быть гораздо выше.

Не менее сложной является ситуация с канальными кондиционерами и сплит-системами. Их внутренние блоки, разбросанные по отдельным помещениям, имеют вентиляторы, которые продолжают работать при пожаре, если электропитание не отключено. Эти вентиляторы создают локальные воздушные струи, которые перемешивают дым, делая его распределение крайне неравномерным. В одном конце комнаты может быть относительно

чисто, а в другом - плотная завеса, причём граница между зонами постоянно колеблется. Пожарный, вошедший в такое помещение, теряет возможность определить, где находится источник дыма, поскольку дым словно «кружится» на месте. Особенно ярко этот эффект проявляется в подшивных потолках, где вентиляционные каналы часто прокладываются скрыто. При разрушении воздуховода высокой температурой дым может пойти в неожиданном месте, например, из-под натяжного потолка, дезориентирует звено, которое ищет очаг на уровне пола.

Таким образом, становится очевидным, что в зданиях с работающими кондиционерами и приточной вентиляцией традиционное тактическое правило «двигайся по направлению дыма» не только не работает, но и становится опасным. Газодымозащитники должны быть готовы к тому, что картина задымления может быть полностью искажена искусственными потоками. Как же тогда сохранить ориентацию и успешно выполнить боевую задачу? Ответ кроется в переходе от визуальных ориентиров к тактильным и акустическим, а также в использовании некоторых инженерных закономерностей.

Прежде всего, в условиях принудительной вентиляции единственным надёжным ориентиром остаются капитальные строительные конструкции. Стены, особенно наружные, не меняют своего положения, независимо от того, куда дует воздух. Поэтому при входе в задымленное помещение звено должно немедленно определить местоположение внешней стены с окнами.

Другим важным помощником становится слух. Работающее вентиляционное оборудование издает характерный гул, который не спутать с треском огня или шумом разрушающихся конструкций. Если звено слышит устойчивый монотонный звук, похожий на работу двигателя, это сигнал о том, что вблизи находится приточная установка или кондиционер. Поскольку такие устройства чаще всего располагаются в технических помещениях или вентиляционных камерах, движение в сторону звука может увести в сторону от очага и выхода. Напротив, удаление от источника шума с большей вероятностью приведет к зоне основного объёма здания.

Особую роль в современных условиях играют тепловизионные приборы [6]. Тепловизор позволяет не только видеть нагретые предметы и очаг, но и наблюдать структуру воздушных потоков. Холодный воздух от кондиционера на фоне более теплого дыма выглядит как темная струя, чётко различимая на экране. Опытный оператор тепловизора может сразу определить, откуда дует искусственный поток, и скорректировать маршрут движения, обходя зоны принудительной вентиляции или, наоборот, используя их для выхода к стене.

Нельзя забывать и о возможности активного воздействия на обстановку. При обнаружении работающей приточной вентиляции или кондиционера на пути следования командир звена, если позволяет обстановка и нет угрозы для жизни, должен принять меры к отключению этого оборудования [6]. Чаще всего для этого достаточно обесточить соответствующий щит или нажать кнопку аварийной остановки на вентиляционной установке. Отключение притока воздуха восстанавливает естественную картину задымления и существенно облегчает дальнейшую разведку.

Описанные выше приемы не являются чем-то принципиально новым, они давно известны в теории тактики ГДЗС, но на практике, к сожалению, часто игнорируются. Причина кроется в психологической инерции: пожарные, особенно со стажем, привыкли доверять дыму как главному указателю пути. Ломать этот стереотип сложно, но необходимо. Подготовка личного состава должна включать специальные упражнения, моделирующие ситуацию с искусственными воздушными потоками.

Еще один важный аспект касается организации взаимодействия с постовым на посту безопасности. При работе в здании с работающей вентиляцией постовой должен постоянно контролировать время и направление движения звена, используя данные радиосвязи и, по возможности, схемы объекта.

Подводя итог, можно с уверенностью утверждать, что наличие работающих систем кондиционирования и приточной вентиляции в зоне пожара кардинально меняет тактическую

обстановку для звеньев ГДЗС. Искусственные воздушные потоки искажают естественное направление движения дыма, делая его ненадежным ориентиром и провоцируя ошибки в выборе пути. Традиционное правило движения «по дыму» в таких условиях теряет свою силу и должно применяться с большой осторожностью, а лучше — вообще заменяться другими методами ориентации. Наиболее надёжным способом остаётся тактильный контакт с капитальными стенами, в первую очередь с наружными стенами, имеющими оконные проёмы.

Список источников

1. Тербнев В. В., Смагин А. В. О тактических возможностях звеньев газодымозащитной службы при работе в сложных условиях // Пожаровзрывобезопасность. - 2023. - Т. 32, № 2. - С. 66-72.
2. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2000. - 118 с.
3. Моделирование движения воздушных потоков в подземных сооружениях метрополитена при пожаре / А. Н. Пехотиков [и др.] // Вестник НИЦ «Строительство». - 2020. - № 3 (26). - С. 45-51.
4. Никитин С. Тепловизоры: не всё так просто // Алгоритм безопасности. - 2011. - № 3. - С. 24-27. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17354650&ysclid=mm94bndkkm53499942> (дата обращения: 24.02.2026).
5. Безбородько М. Д., Голованов А. А. Применение тепловизионной техники при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ: учебное пособие. - СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2015. - 88 с.
6. Пузач С. В., Смагин А. В. К вопросу о влиянии вентиляционных систем на динамику опасных факторов пожара в зданиях // Технологии техносферной безопасности. - 2019. - № 2 (84). - С. 45–52. - URL: [http://lib.sibsport.ru/www/libsport.nsf/0/21e3f86265062f02462584f90029bd7d/\\$FILE/Воронов.pdf](http://lib.sibsport.ru/www/libsport.nsf/0/21e3f86265062f02462584f90029bd7d/$FILE/Воронов.pdf) (дата обращения: 20.01.2026).

Михаил Владимирович Бондаренко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (mischabo@mail.ru, SPIN 6434-4518, ID: 278150)

Олег Денисович Чудаков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (ONIRII@yandex.ru)

Сбор и утилизация свалочного газа, как ключевая мера по снижению пожарной и взрывопожарной опасности полигонов твёрдых бытовых отходов

Аннотация. В статье рассматривается одна из наиболее острых проблем современности процесс управления отходами – пожарная опасность полигонов твёрдых бытовых отходов, обусловленная накоплением и неконтролируемым распространением свалочного газа. На основе анализа статистических данных, физико-химических механизмов возгорания и обзора технологических решений доказывается, что внедрение систем сбора и утилизации свалочного газа является основным методом обеспечения пожарной безопасности.

Ключевые слова: полигоны твёрдых бытовых отходов, свалочный газ, пожарная опасность, метан, утилизация биогаза, техносферная безопасность.

Mikhail V. Bondarenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Oleg D. Chudakov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Collection and disposal of landfill gas as a key measure to reduce the fire and explosion hazard of landfills of solid household waste

Abstract. The article examines one of the most acute problems of modern waste management – the fire hazard of landfills of solid household waste caused by the accumulation and uncontrolled spread of landfill gas. Based on the analysis of statistical data, physico-chemical ignition mechanisms and a review of technological solutions, it is proved that the introduction of landfill gas collection and disposal systems is the main method of ensuring fire safety.

Keywords: landfills of solid household waste, landfill gas, fire hazard, methane, biogas utilization, technosphere safety.

Накопление твёрдых бытовых отходов (далее - ТБО) на полигонах является одной из наиболее острых проблем управления отходами в России и во всём мире. По данным официальной статистики Российской Федерации, более 85% ТБО отправляются на полигоны захоронения, что составляет примерно 40,5 млн тонн в год [1]. Растущие объёмы создают не только экологическую, но и серьёзную техногенную угрозу и как её разновидность – пожарную угрозу. Как показывает практика, одной из наиболее критичных проблем эксплуатации полигонов становятся возгорания, часто приобретающие масштабный характер. Пожары на полигонах – это не просто локальные инциденты; они приводят к колоссальному экономическому ущербу, долгосрочному загрязнению окружающей среды и создают риски для здоровья населения [3,4].

Ключевым фактором, провоцирующим эти возгорания, является свалочный газ – продукт анаэробного разложения органической фракции отходов. Его основной горючий компонент – метан – способен образовывать с воздухом взрывоопасные смеси прямо в теле полигона [3]. Ярким подтверждением актуальности проблемы стал крупный пожар на

полигоне «Тимохово» в Московской области в апреле 2025 года, ликвидация которого потребовала мобилизации значительных сил и средств [2].

Официальная статистика МЧС России за 2024 год фиксирует 347 506 пожаров по стране. Хотя общее число снижается, проблема пожаров на объектах управления отходами сохраняет свою остроту. По оценкам, основанным на анализе данных, на долю полигонов ТБО приходится до 25-29% от общего количества пожаров ежегодно, что указывает на системный характер угрозы. Материальный ущерб от пожаров остаётся высоким. В 2024 году общие потери от пожаров составили приблизительно 19,7 млрд рублей. Затраты на ликвидацию последствий пожаров на полигонах ТБО значительны не только с финансовой, но и с экологической точки зрения [6].

Эта проблема носит глобальный характер. Так, в США и Канаде в 2024 году было зарегистрировано 430 пожаров на объектах переработки и утилизации отходов, что на 15% больше, чем годом ранее. В Европе, например, в Швеции, аналогичные инциденты приводят к серьёзному загрязнению воздуха.

Чтобы эффективно бороться с угрозой, необходимо понимать её природу. Свалочный газ – это смесь газов, образующихся при анаэробном разложении органических компонентов ТБО в глубине полигона [3]. Типичный состав свалочного газа представлен в таблице 1.

Таблица – Состав и основные характеристики свалочного газа

Компонент	Концентрация (% об.)	Характеристика
Метан (CH ₄)	45-55	Основной горючий компонент
Диоксид углерода (CO ₂)	40-60	Инертный газ
Водяной пар (H ₂ O)	2-7	Создаёт проблемы конденсации
Сероводород (H ₂ S)	0,01-0,5	Токсичен, коррозиен
Аммиак (NH ₃)	0,01-0,5	Токсичен
Прочие	<1	Запах, токсичность

Главную угрозу представляет метан, способный воспламениться в смеси с воздухом уже при концентрации от 5% по объёму [3]. Мониторинг показывает, что в газовых скважинах полигонов концентрация метана часто находится в диапазоне 3-15%, периодически превышая порог воспламенения. Ситуация обостряется летом, когда температура в верхних слоях отходов достигает 38-45°C, создавая идеальные условия для самовозгорания. Ключевым индикатором риска является соотношение CH₄/CO₂. Если оно меньше единицы, это обычно свидетельствует об активных процессах окисления и высокой вероятности подземного тления или возгорания.

Опыт российских полигонов показывает, что вопросы утилизации свалочного газа проработаны недостаточно. Из потенциала в 4200×10⁶ м³ метана в год реально улавливается и используется менее 30%. Остальной объём рассеивается в атмосфере или сжигается на факелах. В то же время уже существуют отдельные проекты по созданию систем газоулавливания [5]: в Ульяновской области реализуется проект по сокращению выбросов свалочного газа, в Московской области несколько полигонов твёрдых бытовых отходов оснащены газоперекачивающими установками (далее - ГПУ), в Санкт-Петербурге такая система работает на полигоне Кучинский. Однако широкому внедрению мешают высокие капитальные затраты на установку ГПУ (5-15 млн. рублей за единицу), нестабильный состав свалочного газа и недостаток льготных тарифов на электроэнергию.

Полезно обратиться к зарубежному опыту. Швеция является лидером в Скандинавии по управлению свалочным газом. На полигонах там установлено 60 ГПУ, которые производят 63% энергии от свалочного газа, а удельный показатель составляет 52 кВт·ч на душу населения в год [4]. Высокие первоначальные инвестиции компенсируются долгосрочной эффективностью. Шведский опыт доказывает, что энергетическое использование свалочного газа возможно при условии государственной поддержки и стабильного регулирования. Германия внедрила передовые системы мониторинга и контроля: автоматический мониторинг

состава и давления газа в реальном времени, а также прямое подключение ГПУ к электросети. Однако новый Регламент ЕС по метану, который вступил в силу в 2025 году, ужесточил правила: ввел обязательный мониторинг и отчетность по выбросам, запретил сжигание и вентилирование газа, а также потребует оперативного устранения утечек.

В США управление биогазом реализуется через программу Landfill Methane Outreach Program (LMOP), программа информирования населения о вырабатываемом метане на свалки. В рамках программы запущено более 500 проектов по преобразованию газа в энергию, ежегодно производится свыше 9000 млн. кВт·ч электроэнергии. Развитию способствуют налоговые льготы и льготные тарифы на возобновляемую энергию.

Для снижения пожарной опасности на полигонах ТБО сегодня предлагаются различные технологии: преобразование газа в биометан, использование твердооксидных топливных элементов (далее - ТОТЭ), а также мониторинг и детектирование с применением дронов. Технология преобразования в биометан предполагает очистку биогаза от CO_2 . Одним из перспективных методов является углеродный захват с использованием NaCl , предложенный в 2024 году. Этот инновационный процесс с использованием биогаза, хлорида натрия, воды и электричества позволяет получить биометан, соду, хлор, водород и чистый CO_2 . Средний срок окупаемости оценивается в 4 года, а преимуществом является удаление CO_2 в одной установке без сложного фильтровального оборудования.

Другая технология, TriFTS, появилась в 2019 году. Она объединяет три-риформинг (комбинацию сухого, парового риформинга и частичного окисления) и синтез Фишера-Тропша для преобразования биогаза в жидкое топливо: бензин, дизель или авиационное топливо. Очищенный биогаз пропускают через реактор три-риформинга, где на катализаторе происходит превращение 99% метана и 60% CO_2 в синтез-газ. Затем на этапе FTS синтез-газ с помощью катализатора преобразуется в жидкие углеводороды. В итоге в жидкое топливо конвертируется около 45% энергии исходного биогаза [7].

Технология на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) позволяет напрямую преобразовывать газ в электроэнергию с эффективностью на 40-50% выше, чем у традиционных поршневых установок. Ее преимущества это компактность и низкие выбросы оксидов азота, а недостатки высокая стоимость и требование к чистоте подаваемого газа.

Мониторинг и детектирование с использованием дронов это инновационный подход для контроля утечек и оценки пожарного риска. Беспилотные летательные аппараты оснащаются датчиками метана, тепловизионными камерами для обнаружения очагов возгорания и системами для спектрального анализа состава газов в режиме реального времени.

Таким образом, пожарная опасность полигонов твердых бытовых отходов формируется под влиянием комплекса факторов. Основу для возгорания создают биохимические процессы: анаэробное разложение органики ведет к генерации метана. Данные мониторинга показывают, что его концентрация в толще отходов часто достигает 3-15%, что превышает нижний предел взрывоопасности в 5%. Соотношение CH_4/CO_2 менее единицы служит важным индикатором активной фазы разложения и высокой вероятности подземного тления.

Реализация этой угрозы происходит под воздействием климатических условий. Летом температура в поверхностных слоях полигона может подниматься до 38-45°C. Этот нагрев действует как катализатор: усиливает образование метана, снижает температуру воспламенения газовой смеси и ускоряет реакции окисления. В итоге формируется взрывоопасная смесь. Поскольку плотность свалочного газа близка к плотности воздуха, он не рассеивается быстро, а накапливается в полостях, трещинах и технологических пустотах полигона [3,4].

Ключевым инструментом для предотвращения опасности является эффективная система газоулавливания. Она решает проблему на нескольких уровнях. Во-первых, снижает концентрацию метана, откачивая его через сеть скважин, что позволяет уменьшить её с критических 10-15% до безопасных 2-5%. Во-вторых, обеспечивает контролируемое обезвреживание метана путем сжигания на факелах с эффективностью более 99%. Хотя при этом выделяется CO_2 , его парниковый эффект в 25 раз слабее, чем у метана. В-третьих,

утилизация газа для производства энергии создает экономический стимул для операторов ответственно обслуживать инфраструктуру, что повышает общую надёжность системы.

Несмотря на доказанную эффективность, широкое внедрение таких систем в России сталкивается с барьерами. Нормативная база остается неполной: отсутствуют специализированные ГОСТы, детально регламентирующие требования к системам, методикам расчётов и мониторинга. Существенными препятствиями являются высокие капитальные затраты, нестабильный состав газа, снижающий рентабельность, и недостаток льгот для «зеленой» энергетики. Ситуацию усугубляет нехватка квалифицированных специалистов и единой системы мониторинга, что снижает инвестиционную привлекательность проектов [5].

Преодоление этих барьеров и развитие утилизации свалочного газа выходит за рамки простого управления отходами. Эта деятельность соответствует глобальным целям устойчивого развития (далее - ЦУР): способствует обеспечению доступа к чистой энергии (ЦУР 7), отвечает принципам ответственного потребления и производства (ЦУР 12), помогает в борьбе с изменением климата за счет сокращения выбросов метана (ЦУР 13) и способствует созданию устойчивых городов, минимизируя пожарные риски и загрязнение воздуха (ЦУР 11).

Список источников

1. Подведены итоги по форме 2-ТП «Отходы» за 2024 год [Электронный ресурс] // Integral. – 2025. – URL: <https://integral.ru/news/7154/> (дата обращения: 15.01.2026).
2. В Подмосковье загорелся Тимоховский мусорный полигон [Электронный ресурс] // Коммерсантъ. – 2025. – 5 апр. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7675026> (дата обращения: 17.01.2026).
3. Свалочный газ – губителен для растений и взрывоопасен! [Электронный ресурс] // Министерство строительства Республики Татарстан. – 2018. – 9 февр. – URL: <https://msu.tatarstan.ru/index.htm/news/1207705.htm> (дата обращения: 18.01.2026).
4. Свалочный газ – безвредная вонь или ядовитое вещество? [Электронный ресурс] // ВКонтакте. – 2023. – 10 мая. – URL: https://vk.com/@krasnoe_selo-svalochnyi-gaz-bezvrednaya-von-ili-yadovitoe-veschestvo (дата обращения: 18.01.2026).
5. Меньше мусора: как в России формируется экономика замкнутого цикла [Электронный ресурс] // РБК. – 2025. – 29 сент. – URL: <https://www.rbc.ru/society/29/09/2025/68d645e79a794710ed820b09> (дата обращения: 19.01.2026).
6. Опубликован анализ пожарной обстановки в России за первое полугодие 2025 года [Электронный ресурс] // Ру-Безопасность. – 2025. – 2 окт. – URL: <https://ru-bezh.ru/gossektor/news/25/10/02/opublikovan-analiz-pozharnoy-obstanovki-v-rossii-za-pervoe-polug> (дата обращения: 19.01.2026).
7. Rabani I., Raba'ah A. N., Shirin A. F. Revolutionizing waste to energy: the role of drone technology in optimizing landfill gas recovery and emission reduction // Environmental Science and Pollution Research. – 2024. – Vol. 31, iss. 2. – P. 1755–1774. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-31085-4>. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37955401/> (дата обращения: 20.01.2026).

Михаил Владимирович Бондаренко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (mischabo@mail.ru, SPIN 6434-4518, ID: 278150)

Никита Дмитриевич Егоров

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (nikitae1006gmail.com)

Травматизм пожарных при выполнении служебных обязанностей и роль физической подготовки в его профилактике

Аннотация. В статье рассматриваются основные причины травматизма пожарных при выполнении служебных обязанностей, обусловленные экстремальными условиями и физическими нагрузками. Определены категории основных опасностей, угрожающих пожарным, при выполнении задач по предназначению. Кроме этого, обозначена ключевая роль физической подготовки в профилактике травм.

Ключевые слова: травматизм, физические нагрузки, экстремальные условия, служба, физическая подготовка, профилактика.

Mikhail V. Bondarenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Nikita D. Egorov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Injuries to firefighters in the performance of official duties and the role of physical fitness in its prevention

Abstract. The article discusses the main causes of injuries to firefighters in the performance of official duties caused by extreme conditions and physical exertion. The categories of the main hazards threatening firefighters when performing their intended tasks have been identified. In addition, the key role of physical fitness in injury prevention is outlined.

Keywords: injuries, physical activity, extreme conditions, service, physical training, prevention.

Профессия пожарного считается одной из самых опасных и ответственных в мире. Ежедневно спасатели сталкиваются с экстремальными условиями, рискуя собственными жизнями ради сохранения жизни других людей. Высокий уровень профессиональной подготовки, мужество и самоотверженность являются неотъемлемыми качествами пожарных, однако даже это не всегда гарантирует полную безопасность. Травматизм среди личного состава пожарной охраны остается серьезной проблемой, требующей постоянного анализа и поиска эффективных решений для минимизации рисков. Понимание основных причин травм позволяет разрабатывать необходимые меры профилактики и повышать общую безопасность службы [1].

Работа пожарных, особенно в условиях борьбы с огнем, представляет собой крайне трудную и непредсказуемую деятельность. Она сопряжена с воздействием множества опасных и вредных факторов, а также требует от специалистов колоссальных физических и психоэмоциональных ресурсов [6].

Ежегодно более 100 тысяч пожарных, включая добровольцев (что составляет около 10% от их общего числа), получают травмы при исполнении служебных обязанностей. При этом более половины этих травм происходит непосредственно во время тушения пожаров [2].

В процессе борьбы с огнем пожарные сталкиваются с рядом опасных и вредных факторов. К ним относятся: высокая концентрация дыма и ядовитых газов, дефицит кислорода, экстремальные температуры и значительное психоэмоциональное напряжение.

В целом, опасности, угрожающие пожарным, можно разделить на четыре основные категории:

- физические: движущиеся механизмы, обрушивающиеся конструкции, перепады температур, задымленность, плохая видимость;
- химические: токсичные и раздражающие вещества, выделяющиеся при пожарах или при работе с техникой;
- биологические: болезнетворные микроорганизмы (бактерии, вирусы), особенно в таких местах, как подвалы, фермы или свалки;
- психофизиологические: чрезмерные физические и нервно-психические нагрузки, возникающие при выполнении служебных задач.

Большое влияние на травматизм оказывают личная невнимательность, неосторожность, нарушение техники безопасности, недостаточная обученность, пренебрежение требованиям безопасности [3].



Рисунок 1 – Диаграмма по причинам несчастных случаев (травматизма)

По статистике причины несчастных случаев с тяжёлыми последствиями на производстве, в том числе среди пожарных в 2024 году:

- 2,3% - причинение вреда жизни и здоровью в результате чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и иного характера;
- 18,9% - причинение вреда жизни и здоровью в результате противоправных действий третьих лиц;
- 18,8% - внезапное ухудшение состояния здоровья пострадавшего (головокружение и другие);
- 16,6% - прочие причины, квалифицированные по материалам расследования

несчастных случаев;

- 43% - неосторожность, невнимательность, поспешность;
- 0,4% - утомление, физическое перенапряжение.

К основным видам травм, получаемых пожарными во время тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ можно отнести:

- вывихи и растяжения - 27,7%;
- раны, порезы, кровотечения и ушибы - 24,4%;
- отравления при вдыхании дыма, токсичных продуктов дымообразования или газа - 14,4%;
- ожоги - 11,2%;
- приходится на травмы, получаемые в быту - 21,3% [4].

Безопасность труда при тушении пожара складывается из безопасности труда по видам боевых действий. Наибольший интерес, из которых представляют: разведка, спасание людей и имущества, ликвидация горения, выполнение специальных работ на пожаре [5].

Таким образом, работа пожарных подразделений на пожаре осуществляется в сложных условиях, зачастую в режиме ограниченного времени, с применением спасательного снаряжения и оборудования, при работе с которым важно соблюдать меры безопасности.

Физическая подготовка пожарных играет важную роль в профилактике травматизма благодаря развитию физических качеств, которые необходимы для успешного выполнения служебных обязанностей и сохранения высокой работоспособности. Регулярные тренировки помогают пожарным справляться с разнообразными задачами, с которыми они сталкиваются при исполнении обязанностей.

Регулярные тренировки обеспечивают:

- контроль веса и снижение риска травм;
- готовность к оперативному реагированию в ЧС;
- укрепление иммунитета и снижение стресса;
- повышение ловкости, силы и выносливости;
- профилактику хронических заболеваний (ожирение, диабет, болезни сердца).

Занятия спортом не только развивают командную работу, дух товарищества и коммуникативные навыки среди пожарных, но и повышают их способность эффективно взаимодействовать во время чрезвычайных ситуаций.

Используемое оборудование

В тренажёрных залах пожарной охраны применяют:

- силовые тренажёры (гантели, штанги, резиновые петли) – для укрепления мышц;
- функциональные тренажёры (специальные лестницы, мешки с песком) – для имитации реальных условий пожаротушения;
- кардиотренажёры (беговые дорожки, степперы) – для развития выносливости;
- оборудование для восстановления (коврики, ролики) – для ускорения реабилитации мышц и повышения подвижности.

Поэтому, за счёт развития физических качеств (силы, выносливости, гибкости, координации движений), физическая подготовка пожарных имеет решающее значение. Она помогает существенно минимизировать риски для жизни и здоровья, неизбежно связанные со службой в пожарной охране, особенно при тушении пожаров, разборе конструкций и других неотложных работах.

Список источников

1. Распоряжение МЧС России от 18.06.2021 № 492 «Об утверждении Методики расследования и учета несчастных случаев, происшедших с сотрудниками федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы при исполнении служебных обязанностей». – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401437358/> (дата обращения: 20.01.2026).

2. Евдокимов В. И. [и др.]. Обстоятельства производственного травматизма и гибели личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России (2010-2020 гг.) // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях, 2021. № 4. С. 5-19. – DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-05-19. – EDN: KPNHZI
3. Кончаковский С. П., Муллер Н. В. Проблемы обеспечения благоприятных условий труда в подразделении МЧС на примере пожарного // В сборнике: Трансформация информационно-коммуникативной среды общества в условиях вызовов современности. Материалы II Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2023. С. 457-459. – EDN: GQUVEW
4. Анализ производственного травматизма в России. [Электронный ресурс]. URL: https://www.admsayansk.ru/pub/img/rubrics/2939/02-74-4297_25_15_10_2025_analiz_proizvodstvennogo_travmatizma_v_rossii.pdf (дата обращения: 21.01.2026).
5. Основные причины травматизма пожарных. [Электронный ресурс] // portal.edufire37.ru. URL: <https://portal.edufire37.ru/articles/256> (дата обращения: 21.01.2025).
6. Производственный травматизм в пожарной охране. [Электронный ресурс] // StudFiles.net. URL: <https://studfile.net/preview/9260851/page:13/> (дата обращения: 22.01.2025).

УДК 614.84
ББК 74.200.54

Артём Алексеевич Разумов

«Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Иваново, Россия (mr.ongin@list.ru)

Мария Владиевна Торопова

ФГБОУ ВО «Ивановский Государственный политехнический университет», Иваново, Россия;
«Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Иваново, Россия (mators@mail.ru, SPIN 6340-0107, ID: 453341)

Разработка модели формирования культуры пожаробезопасного поведения школьников

Аннотация. Для снижения риска гибели детей во всем мире разрабатываются и реализуются специальные программы обучения школьников мерам пожарной безопасности. Формирование культуры пожаробезопасного поведения должно происходить в рамках школьного образовательного процесса. В статье рассматривается проблема формирования культуры пожаробезопасного поведения у учащихся начальных классов. Актуальность исследования обусловлена тревожной статистикой гибели детей на пожарах и изменением характера современных возгораний, которые из-за использования синтетических материалов становятся более токсичными и агрессивными. В работе представлены результаты диагностического исследования. На основе полученных данных авторами разработана модель взаимодействия образовательного учреждения и сотрудников МЧС России. Описан опыт внедрения практико-ориентированного занятия. Данный формат позволил смоделировать условные ситуации опасности и отработать алгоритмы использования первичных средств пожаротушения и коммуникации с экстренными службами. Результаты исследования подтверждают низкую эффективность традиционных лекционных методов для детей 7–11 лет. Сделан вывод, что интеграция игровых методик и привлечение профильных специалистов способствуют качественному усвоению материала и формированию осознанной мотивации к безопасному поведению.

Ключевые слова: пожарная безопасность, профилактика пожаров, культура безопасного поведения, обучение детей, интерактивные методы обучения, взаимодействие с МЧС, сюжетно-ролевая игра.

Artem A. Razumov

Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia, Ivanovo, Russia

Mariya V. Toropova

Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia;

Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia, Ivanovo, Russia

Development of a Model for Forming a Culture of Fire-Safe Behavior in Schoolchildren

Abstract. To reduce the risk of child fatalities worldwide, special programs for teaching fire safety measures to schoolchildren are being developed and implemented. The formation of a culture of fire-safe behavior should take place within the framework of the school educational process. The article discusses the problem of forming a culture of fire-safe behavior in primary school students. The relevance of the study is determined by the alarming statistics of child fatalities in fires and the changing nature of modern fires, which become more toxic and aggressive due to the use of synthetic materials. The paper presents the results of a diagnostic study. Based on the data obtained, the authors

developed a model of interaction between the educational institution and officers of the EMERCOM of Russia. The experience of implementing a practice-oriented session is described. This format allowed for modeling conditional danger situations and practicing algorithms for using primary fire extinguishing means and communicating with emergency services. The research results confirm the low effectiveness of traditional lecture methods for children aged 7–11. It is concluded that the integration of game-based methodologies and the involvement of specialized professionals contribute to the qualitative assimilation of the material and the formation of conscious motivation for safe behavior.

Keywords: fire safety, fire prevention, culture of safe behavior, children's education, interactive teaching methods, interaction with EMERCOM, role-playing game

На протяжении всей истории цивилизации огонь играл двойственную роль в судьбе человечества. С одной стороны, он служил незаменимым помощником в быту, объектом поклонения и сакрального трепета, с другой — потеря контроля над огненной стихией неизменно приводила к трагедиям, уносящим множество жизней. В современных реалиях пожары остаются доминирующим видом чрезвычайных ситуаций, ежегодно нанося колоссальный экономический ущерб и приводя к человеческим жертвам.

Характер современных возгораний претерпел кардинальные изменения по сравнению с прошлым столетием. Усложнение пожароопасной обстановки сегодня обусловлено техногенными факторами и научно-техническим прогрессом. Повсеместное внедрение полимерных и синтетических материалов в отделке интерьеров привело к тому, что при горении выделяется плотный дым высокой токсичности, способный к повторному воспламенению, что делает пожары более агрессивными.

Статистические данные ВНИИПО за 2024 год демонстрируют тревожную картину: жертвами огня стали 152 школьника. При этом зафиксировано более двух тысяч случаев возгораний, спровоцированных непосредственно детской шалостью. Эти цифры подчеркивают острую необходимость раннего просвещения несовершеннолетних о природе огня и его поражающих факторах.

Педагогическая наука рассматривает воспитание культуры безопасного поведения как важнейший этап становления личности. Целесообразнее всего начинать эту работу в младшем школьном возрасте, именно в этот период дети наиболее уязвимы, но при этом обладают необходимыми психофизиологическими ресурсами.

В работах Я. Б. Каплана предлагается структурированный подход к обучению: первичным должно быть формирование представления о пожарной опасности как явления, и лишь затем — обучение конкретным навыкам защиты и правилам поведения. Безопасное поведение включает два вектора: превентивные меры (профилактику) и алгоритм действий в экстренной ситуации. Под пожарной профилактикой понимается комплекс мер технического и организационного характера, нацеленных на исключение возможности возгорания.

Эффективное обучение требует адаптации методик под возрастные особенности и создания единого информационно - образовательного пространства. С целью оценки текущего уровня компетенций было проведено диагностическое исследование среди учащихся вторых классов одной из школ.

Занятия выявили, что уровень сформированности знаний о пожарной безопасности у детей в исследуемых классах является недостаточным.

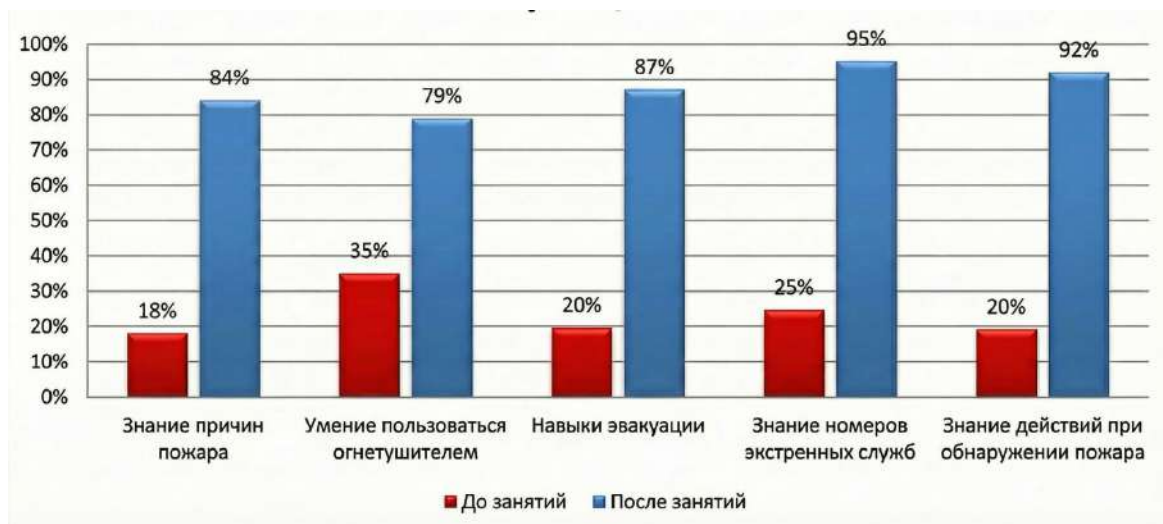


Рисунок – Результаты проведенного диагностического исследования учеников начальных классов

Для проведения занятий была разработана модель взаимодействия сотрудников ведомств и педагогов. В рамках эксперимента внедрили сценарий практического занятия «Профилактика пожаров: простые правила для маленьких». Акцент делался на знаниях о причинах возникновения пожаров, обучению действий в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций, использования первичных средств пожаротушения, правил коммуникации с экстренными службами, поведении в быту и на природе.

Занятие строилось в форме интерактивной сюжетно - ролевой игры, использовался метод моделирования ситуаций, позволяющий погрузить детей в условную среду и отработать алгоритмы действий на практике.

Анализ показал высокую эффективность выбранной методики: интерактивные форматы с мотивационной составляющей способствовали качественному усвоению материала большинством участников.

Исследование подтверждает, что классические лекционные методы малоэффективны для младших школьников, практико-ориентированный подход, позволяет перевести теоретические знания в устойчивые навыки и сформировать осознанную мотивацию. Формирование культуры безопасности требует системности, объединяющей знания, практическую отработку и активное участие всех субъектов образовательного процесса.

Список источников

1. Каплан Я. Б. Формирование системы представлений о пожарной безопасности у младших школьников // Образование и наука. 2008. №. 6. С. 121-130.
2. Туз Н. В., Искалин В. И., Васильева Л. В. Комплексный подход к профилактике гибели и травматизма несовершеннолетних на пожарах в рамках деятельности органов государственного пожарного надзора // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения. 2021. С. 120-123.

УДК 316.346.2
ББК 68.92

Валерия Дмитриевна Гимадудинова

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (14valeriya03@gmail.com)

Иван Михайлович Кузовков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (I.Kuzovkov@academygps.ru, SPIN 1657-6765, ID: 1136238)

Михаил Владимирович Бондаренко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (M.Bondarenko@academygps.ru, SPIN 6434-4518, ID: 278150)

Александр Юрьевич Кляузов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (A.Klyauzov@academygps.ru, SPIN 2035-5126, ID: 767064)

Андрей Сергеевич Калугин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (a.kalugin@academygps.ru)

Гендерная трансформация кадрового состава МЧС России: роль, специфика подготовки и профессиональные вызовы для женщин

Аннотация. В статье рассматривается феномен возрастающей роли женщин в структуре Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России). Анализируется специфика профессиональной подготовки курсантов женского пола в ведомственных образовательных организациях. Проводится анализ функционального распределения женщин в системе пожарной охраны и спасательных подразделениях. Особое внимание уделяется выявлению основных преимуществ (повышение коммуникативного потенциала, эмпатия) и ключевых проблем (физические нагрузки, гендерные стереотипы, баланс труда и семьи) интеграции женщин в структуры особого риска. Делается вывод о влиянии гендерного фактора на эффективность деятельности МЧС России в современных условиях...

Ключевые слова: МЧС России, гендерная политика, пожарная охрана, профессиональная подготовка, физические нормативы, профессиональная социализация, экстремальные ситуации, кадровый состав

Valeria D. Gimadutdinova

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Ivan M. Kuzovkov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Mikhail V. Bondarenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Alexander Y. Klyauzov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Gender transformation of the EMERCOM of Russia: role, training specifics, and professional challenges for women

Abstract. The article examines the phenomenon of the increasing role of women in the structure of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia). It analyzes the

specifics of professional training of female cadets in departmental educational organizations. The article also analyzes the functional distribution of women in the fire department and rescue units. Special attention is paid to identifying the main advantages (increased communication potential, empathy) and key challenges (physical stress, gender stereotypes, and work-family balance) of integrating women into high-risk structures. The article concludes that the gender factor affects the effectiveness of the Russian Ministry of Emergency Situations in modern conditions...

Keywords: EMERCOM of Russia, gender policy, fire protection, professional training, physical standards, professional socialization, extreme situations, and personnel

Современный этап развития системы МЧС России характеризуется не только технологической модернизацией, но и существенными изменениями кадрового состава. Одной из заметных тенденций последних десятилетий является устойчивый рост числа женщин, поступающих на службу в ведомство, а также расширение спектра выполняемых ими функций. Традиционно профессии пожарного и спасателя считались сугубо мужскими в силу высоких физических нагрузок и психоэмоционального напряжения. Однако практика показывает, что женщины успешно интегрируются в структуру, занимая должности от диспетчеров до руководителей подразделений и специалистов, непосредственно участвующих в аварийно-спасательных работах. Целью данной статьи является комплексный анализ роли женщин в структуре МЧС России, выявление особенностей их профессиональной подготовки и оценка социально-профессиональных вызовов, с которыми они сталкиваются [1].

Обучение в высших учебных заведениях МЧС России (Академия Государственной противопожарной службы, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России и др.) строится на принципах унификации требований к курсантам вне зависимости от пола, но с учетом физиологических особенностей организма. Учебные планы включают теоретическую и практическую составляющие. К числу фундаментальных дисциплин относятся специальные дисциплины, связанные с пожаротушением («Пожарно-строевая подготовка», «Подготовка газодымозащитника», «Пожарная тактика»)[2].

В рамках практической подготовки для женщин предусмотрены дифференцированные нормативы, связанные с физической подготовкой. Программа включает отработку навыков подъема на высоту, эвакуации пострадавших, работы с пожарно-техническим вооружением. Практика показывает, что успешность обучения женщин в военизированных вузах зависит не только от силы, но и от координации, выносливости и технической грамотности, что позволяет нивелировать разницу в физических возможностях.

В настоящее время женщины в системе МЧС России представлены в нескольких ключевых сегментах:

1. **управленческий и инженерно-профилактический аппарат:** должности инженеров по пожарной профилактике, инспекторов государственного пожарного надзора, кадровых работников;
2. **оперативно-диспетчерские службы:** диспетчеры пунктов связи, операторы системы «112», психологи;
3. **боевые подразделения:** спасатели, кинологи, специалисты беспилотной авиации.

Статистика свидетельствует о ежегодном увеличении числа абитуриенток, что коррелирует с общим трендом на феминизацию профессий, связанных с обеспечением безопасности. Особую роль играет Служба психологической помощи МЧС, где доминирование женщин обусловлено спецификой работы, требующей высокого уровня эмпатии и навыков кризисной коммуникации[3,4].

Анализ служебной деятельности позволяет выделить ряд преимуществ, которые женщины привносят в структуру:

1. **когнитивное разнообразие:** наличие альтернативных подходов к оценке рисков и принятию решений в нестандартных ситуациях;
2. **развитый эмоциональный интеллект:** способность эффективно взаимодействовать с пострадавшими и очевидцами чрезвычайных ситуаций, снижая уровень паники;
3. **высокая исполнительская дисциплина:** женщины часто демонстрируют более ответственное отношение к документации и профилактической работе.

Вместе с тем процесс интеграции сопряжен с рядом существенных проблем:

1. **физиологический барьер:** высокие физические нагрузки при тушении пожаров и ликвидации последствий ДТП могут требовать от женщин предельной мобилизации ресурсов, что создает риск невыполнения нормативов.
2. **гендерные стереотипы:** в коллективах с преобладанием мужчин возможна предвзятость, выражающаяся в сомнениях относительно профессиональной пригодности женщин для «боевой» работы.
3. **конфликт ролей:** трудности совмещения ненормированного графика службы (ночные дежурства, суточные смены) с выполнением семейных и репродуктивных функций.

Интеграция женщин в структуру МЧС России является объективным процессом, отражающим изменения в социальной структуре общества и потребностях самой службы. Женщины успешно осваивают широкий круг специальностей, от профилактики до оперативной работы, внося вклад в повышение эффективности защиты населения. Наличие физиологических и социальных барьеров требует дальнейшей оптимизации учебных программ, внедрения адаптивных тренажеров и формирования корпоративной культуры, исключающей дискриминацию. Дальнейшее развитие гендерного подхода в кадровой политике МЧС видится перспективным направлением, позволяющим максимально использовать человеческий потенциал для обеспечения безопасности страны.

Список источников

1. Иванова А. А., Петров С. И. Гендерные аспекты профессиональной деятельности в экстремальных условиях / А.А. Иванова, Петров С. И. // Вопросы психологии экстремальных ситуаций. — 2021;
2. Сидоров В. Н. Особенности физической подготовки курсантов образовательных организаций МЧС России // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2020;
3. Кузнецова Е. В. Женщина в системе государственной службы: на примере МЧС России // Социологические исследования. — 2022;
4. Официальный сайт МЧС России. Кадровое обеспечение и статистика: <https://www.mchs.gov.ru>.

УДК 614.849
ББК 30р

Михаил Владимирович Бондаренко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (mischabo@mail.ru, SPIN 6434-4518, ID: 278150)

Адилет Саламтулы Туракбай

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (turakbajadletg@mail.ru)

Охрана труда в пожарной охране Республики Казахстан

Аннотация. В статье рассматривается система охраны труда в подразделениях пожарной охраны в Республике Казахстан. Приведены основные руководящие документы в данной сфере, и рассмотрены особенности мероприятий в области охраны труда в Республике Казахстан. Кроме этого, проведено сравнение в соответствующих вопросах с законодательством и практикой работы по охране труда в Российской Федерации и в Республике Казахстан...

Ключевые слова: пожарная охрана, безопасность, охрана труда, ответственность, законодательство

Mikhail V. Bondarenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Adilet S. Turakbaj

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Occupational safety in the fire protection of the Republic of Kazakhstan

Abstract. The article discusses the occupational safety system in fire protection units in the Republic of Kazakhstan. The main guiding documents in this field are presented, and the specifics of measures in the field of labor protection in the Republic of Kazakhstan are considered. In addition, a comparison was made on relevant issues with the legislation and practice of labor protection in the Russian Federation and in the Republic of Kazakhstan...

Keywords: fire protection, safety, labor protection, responsibility, legislation

Охрана труда в пожарной охране Республики Казахстан регулируется Законом «О гражданской защите», Трудовым кодексом (статьи 117, 181-182) и Правилами пожарной безопасности. Работодатели обязаны обеспечивать пожарную безопасность, проводить инструктажи (вводный, первичный) и утверждать инструкции, а нарушение влечёт административную (ст. 410 КоАП) или уголовную (ст. 292 УК РК)

В соответствии с требованиями Правил пожарной безопасности, охрана труда и пожарная безопасность на объекте обеспечиваются собственниками объектов, руководителями организаций, предприятий, независимо от форм собственности, а также индивидуальными предпринимателями. Руководители организаций в целях обеспечения пожарной безопасности в установленном порядке назначают ответственных за обеспечение пожарной безопасности на отдельных участках работ.

Таким образом, вся ответственность за соблюдение правил охраны труда и пожарной безопасности возлагается на руководителя и лиц, назначенных ответственными в данном направлении деятельности.

При этом, следует помнить, что назначая лицо, ответственное за пожарную безопасность, руководитель не снимает с себя полной ответственности и отвечает за нарушения солидарно с назначенным лицом.

Так законодательно определено, что, пожарная безопасность является очень важным аспектом работы любого бизнеса и вся ответственность за ее соблюдение ложится на плечи руководителя. Чтобы избежать штрафов и санкций, о которых будет подробно рассказано в следующей статье, владельцу организации и ее должностным лицам необходимо оформить множество документов и регулярно проводить ряд мероприятий, направленных на недопущение возгораний.

Цель охраны труда в пожарной охране в Республике Казахстан — обеспечение безопасности жизни и здоровья работников, сохранение имущества и предотвращение производственных пожаров через создание организационных, технических и правовых мер. Система охраны труда включает обучение персонала, контроль оборудования и разработку инструкций согласно законодательству.

Основные задачи пожарной охраны труда:

- предупреждение пожаров на рабочих местах;
- обеспечение соблюдения требований пожарной безопасности;
- проведение инструктажей и обучения работников;
- оснащение объектов первичными средствами пожаротушения;
- разработка планов эвакуации и действий при пожаре;
- контроль за состоянием эвакуационных путей и противопожарных систем.

Система пожарной безопасности в Республике Казахстан - это совокупность экономических, социальных, организационных, научно-технических и правовых мер, а также сил и технических средств противопожарной службы, направленных на предотвращение пожара и ущерба от него.

Соблюдение требований пожарной безопасности на рабочих местах является обязанностью как работодателя, так и работников. За нарушение установленных норм законодательством Республики Казахстан предусмотрены различные виды юридической ответственности.

Правовую основу составляют положения Трудового кодекса Республики Казахстан, Кодекс Республики Казахстан об административных правонарушениях, Уголовный кодекс Республики Казахстан, а также Закон Республики Казахстан «О гражданской защите».

Согласно Трудовому кодексу Республики Казахстан, работник может получить замечание, выговор или быть уволен за несоблюдение требований пожарной безопасности.

В соответствии с Кодексом Республики Казахстан об административных правонарушениях, за нарушение правил пожарной безопасности налагаются штрафы на должностных и юридических лиц, а также возможно приостановление деятельности предприятия.

По Уголовному кодексу Республики Казахстан уголовная ответственность наступает, если нарушение привело к тяжкому вреду здоровью, гибели людей или крупному ущербу.

Отличия системы охраны труда между Российской Федерацией и Республикой Казахстан.

Нормативная база. В Республике Казахстан действует собственная система, основанная на законе «О гражданской защите» и приказах МЧС Республики Казахстан, в то время как в Российской Федерации – это Федеральные законы № 69-ФЗ и № 123-ФЗ.

В Республике Казахстан основной акцент делается на общее управление безопасностью (БиОТ), тогда как в России процедура специальной оценки условий труда (СОУТ) более детализирована и охватывает почти все рабочие места.

Проверки. Комитет противопожарной службы Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан является ведомством Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан, осуществляющим в соответствии с законодательством Республики Казахстан функции в сфере гражданской защиты, в части обеспечения пожарной безопасности.

В Республике Казахстан проверки пожарной безопасности и охраны труда чаще фокусируются на промышленных объектах и крупных предприятиях, в то время как в Российской Федерации контроль может быть более строгим для всех юридических лиц.

В Республике Казахстан активно внедряются программные продукты, адаптированные под местное законодательство (например, «Охрана труда для Казахстана»), которые отличаются от российских аналогов. В целом, система обеспечения пожарной безопасности и охраны труда в Республике Казахстан ориентирована на комплексный подход: экономический, социальный, технический.

Несмотря на различия, Республика Казахстан активно использует положительный опыт и плюсы системы пожарной безопасности Российской Федерации, а требования к охране труда схожи в наших странах из-за общей истории.

Список источников

1. Смирнов и др. Пожарная безопасность: учебное пособие для студентов вузов / под ред. А. Н. Смирнова. – Алматы: КазНТУ, 2020. – 256 с.
2. Официальный интернет-ресурс Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Казахстан. – URL: <https://www.gov.kz> (дата обращения: 19.02.2026).
3. Официальный интернет-ресурс МЧС России. – URL: <https://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 19.02.2026).

УДК 614.849

ББК 30р

Михаил Владимирович Бондаренко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (mischabo@mail.ru, SPIN 6434-4518, ID: 278150)

Владислав Булатович Габдуллин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (V.Gabdullin@academygps.ru, SPIN 7332-5899, ID: 1058451)

Владислав Александрович Идт

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (vladislavidt1@gmail.com)

Алик Виссарионович Хачиров

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (alecs-966@mail.ru, SPIN 2283-8581, ID: 769364)

Влияние пожарно-спасательного спорта на качество подготовки пожарного специалиста

Аннотация. В статье рассматривается пожарно-спасательный спорт, как уникальная разновидность прикладного спорта, распространённая в среде пожарных и спасателей. Основной особенностью данного вида спорта является то, что все его дисциплины напрямую связаны с оперативной работой пожарных подразделений по тушению пожаров и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Отсюда вопрос влияния занятий пожарно-спасательным спортом для повышения профессионального, физического, психологического уровня подготовки пожарного специалиста становится очевидно важным.

Ключевые слова: пожарный, пожарно-спасательный спорт, профессиональная подготовка, обучение, тушение пожаров

Mikhail V. Bondarenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Vladislav B. Gabdullin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Vladislav A. Idt

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Alik V. Khachirov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

The impact of fire and rescue sports on the quality of fire specialist training

Abstract. The article considers fire and rescue sports as a unique type of applied sport common among firefighters and rescuers. The main feature of this sport is that all its disciplines are directly related to the operational work of fire departments to extinguish fires and eliminate the consequences of emergency situations. Hence, the issue of the impact of fire fighting and rescue sports on improving the professional, physical, and psychological level of training of a firefighter specialist becomes obviously important.

Keywords: firefighter, fire and rescue sports, professional training, education, fire fighting

Современные условия обеспечения пожарной безопасности требуют от личного состава не только глубоких теоретических знаний, но и исключительного уровня физической и психоэмоциональной готовности. Проблема повышения качества профессиональной подготовки специалистов пожарной охраны остается приоритетной задачей ведомственных

образовательных организаций и подразделений МЧС России. В условиях динамичного изменения техногенных рисков традиционных методов обучения становится недостаточно. Необходим комплексный подход, позволяющий моделировать экстремальные ситуации и отрабатывать навыки до автоматизма. В данном контексте пожарно-спасательный спорт выступает не просто как соревновательная дисциплина, а как уникальный методический фундамент, позволяющий трансформировать спортивные достижения в профессиональную эффективность и боеготовность личного состава.

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью поиска наиболее эффективных форм тренировочного процесса, которые могли бы объединить физическую мощь, техническую грамотность и психологическую стойкость сотрудника. Пожарно-прикладной спорт максимально приближен к реалиям боевой работы на пожарах: преодоление препятствий, подъём по штурмовой лестнице и боевое развёртывание сил и средств требуют тех же качеств, что и спасение людей в условиях дефицита времени. Призма спортивной подготовки позволяет взглянуть на рутинное обучение как на процесс постоянного самосовершенствования и конкуренции, что значительно повышает мотивацию специалистов и качество освоения ими служебно-боевых задач.

Целью данного исследования является теоретическое обоснование и практическая оценка роли пожарно-спасательного спорта в системе повышения квалификации кадров пожарной охраны. Для достижения этой цели необходимо решить ряд конкретных задач:

- изучить базовые дисциплины спорта и их корреляцию с профессиональными функциями пожарных.
- оценить влияние специализированных нагрузок на развитие физических кондиций сотрудников.
- раскрыть значение командного взаимодействия и психологической адаптации к стрессам.
- предложить методические рекомендации по интеграции спортивных элементов в учебный процесс подразделений.

Отдельное внимание необходимо уделить практической реализации тренировочных методик и анализу их эффективности для минимизации рисков в реальных условиях. В завершении работы следует сделать вывод о том, необходимо ли системное внедрение спортивного компонента в профессиональную культуру ведомства.

Рассматривая спорт как инструмент подготовки, важно понимать, из каких именно элементов он складывается. Специфика каждой дисциплины определяет вектор развития профессионала, поэтому для глубокого понимания темы необходимо детально разобрать нормативную базу и технические особенности видов соревнований, которые являются прямым отражением реальных действий при ликвидации чрезвычайных ситуаций. Переход к изучению конкретных дисциплин позволит наглядно продемонстрировать функциональную связь между стадионом, манежем и местом пожарах[1].

Пожарно-спасательный спорт представляет собой уникальную систему физических упражнений и технических приемов, которые напрямую моделируют действия личного состава при ликвидации чрезвычайных ситуаций в целом и тушении пожаров в частности. В отличие от общеатлетической подготовки, данный вид спорта ориентирован на специфические задачи профессиональной деятельности, требующие не только выдающейся выносливости, но и филигранного владения пожарно-техническим оборудованием. Основой этого спорта является выполнение нормативов в условиях, максимально приближенных к боевым, что делает его базовым элементом в системе становления профессионала пожарного дела[2].

Центральное место в структуре пожарно-спасательного спорта занимают дисциплины, характеризующиеся высокой интенсивностью и сложностью координации. Одной из самых зрелищных и практически значимых является подъём по штурмовой лестнице в окно четвертого этажа учебной башни. Задача спортсмена заключается в скоростном забеге с лестницей в руках и последующем последовательном закреплении её за подоконники этажей

для вертикального подъёма. Этот элемент напрямую имитирует работу пожарных при спасении людей с верхних этажей зданий в условиях отрезания путей эвакуации огнём и дымом.

Не менее важной дисциплиной выступает преодоление стометровой полосы с препятствиями. Спортсмен должен на высокой скорости преодолеть забор, пробежать по узкому буму с пожарными рукавами в руках, затем соединить их между собой, примкнуть к разветвлению и финишировать со стволом. Данная дисциплина развивает ловкость и динамическое равновесие, которые критически необходимы при прокладке рукавных линий на пересечённой местности, по завалам или в условиях разрушенных конструкций. К дисциплинам, требующим максимальной слаженности действий, также относятся:

- пожарная эстафета 4 по 100 метров, где каждый этап имитирует отдельный элемент работы: преодоление домика, забора, работу с рукавами и тушение горящей жидкости огнетушителем.

- боевое развёртывание, которое считается высшей формой командного взаимодействия. Группа из нескольких человек должна максимально быстро проложить рукавную линию от мотопомпы к мишеням и поразить их струей воды из ручного пожарного ствола, что является прямой репетицией действий личного состава дежурного караула по прибытии на место пожара.

Рассматривая специфику дисциплин, крайне важно проанализировать, как именно эти спортивные нагрузки трансформируются в атлетические качества, необходимые в реальных условиях чрезвычайных ситуаций. Влияние пожарно-спасательного спорта на физическую подготовку носит комплексный характер, превращая общую выносливость в специализированную функциональную готовность. Регулярные тренировки обеспечивают адаптацию организма к предельным анаэробным и аэробным нагрузкам, что напрямую коррелирует с эффективностью выполнения боевых задач. Основной упор делается на развитие взрывной силы, координационной точности и скоростной выносливости, которые являются фундаментом профессиональной пригодности пожарного[3].

Развитие силы и скоростных качеств наиболее ярко проявляется при отработке упражнений с лестницами. Подъём по штурмовой лестнице в окно четвертого этажа требует колоссальной работы мышц плечевого пояса и ног, а также способности к мгновенной концентрации усилий. Эти тренировки формируют не просто мышечный корсет, а «функциональную мощь», позволяющую пожарному в условиях реального выезда оперативно перемещаться с тяжелым снаряжением по вертикальным конструкциям. При этом акцент смещается с объёма мускулатуры на её способность производить максимальную работу за минимальный промежуток времени.

Выносливость и координация в пожарно-спасательном спорте развиваются через преодоление стометровой полосы препятствий и боевое развёртывание. Эти элементы требуют от атлета ювелирного контроля над телом в условиях высокой скорости.

Бег по узкому буму развивает динамическое равновесие, критически важное при передвижении по завалам или узким балкам на пожаре.

Соединение пожарных рукавов на бегу тренирует мелкую моторику рук на фоне высокого пульса, что предотвращает ошибки при сборке магистральных и рабочих рукавных линий в стрессовой обстановке.

Преодоление забора высотой два метра формирует навыки эффективного преодоления городских преград без потери темпа движения.

Боевое развёртывание от мотопомпы требует силовой выносливости для работы с напорными рукавами, наполненными водой, что создает значительное затруднение в двигательной активности.

Специфика тренировочного процесса предполагает использование упражнений, максимально приближенных к профессиональной деятельности, что создает устойчивые биомеханические стереотипы. Таким образом, физическая подготовка перестает быть абстрактным набором упражнений и становится инструментом повышения живучести

личного состава. Спортсмен-пожарный обладает более низким порогом утомляемости, что позволяет ему сохранять ясность мышления и четкость движений даже в конце затяжной смены.

Завершая разбор физического аспекта подготовки, необходимо подчеркнуть, что высокая физическая готовность создает прочный базис для развития психических качеств. Когда тело готово к экстремальным нагрузкам, сотрудник может переключить внимание с борьбы с собственной усталостью на решение профессиональных задач и взаимодействие с коллегами, что делает логичным переход к анализу психологической устойчивости и командной работы в рамках служебной деятельности.

Подводя итоги проведенного исследования, можно с уверенностью сказать, что пожарно-спасательный спорт выступает не просто как соревновательная дисциплина, а как фундаментальный элемент системы профессиональной подготовки кадров. В ходе работы мы рассмотрели основные дисциплины, входящие в структуру пожарно-спасательного спорта, и их прямую взаимосвязь с оперативно-служебной деятельностью, что позволило выявить глубокую интеграцию спортивных нормативов в реальные боевые задачи. Систематические тренировки обеспечивают тот уровень автоматизма и технической точности, который необходим при работе в условиях дефицита времени и высокого психофизического напряжения.

На основе представленного материала можно сформулировать ключевые выводы о значимости данного вида спорта для пожарной охраны.

Пожарно-спасательный спорт является наиболее эффективным инструментом моделирования экстремальных ситуаций, позволяющим отрабатывать навыки обращения с пожарно-техническим оборудованием и средствами спасения до совершенства.

Регулярная физическая нагрузка в рамках специфических дисциплин развивает не только общую выносливость, но и взрывную силу, необходимую для преодоления препятствий и эвакуации пострадавших.

Спортивная состязательность формирует высокую психологическую устойчивость и волевые качества, критически важные для принятия оперативных решений в стрессовых условиях[4].

Командные виды упражнений, такие как боевое развёртывание, пожарная эстафета, напрямую способствуют слаженности действий пожарного подразделения, что является залогом успешного выполнения боевой задачи и минимизации рисков для жизни личного состава.

Рассмотренные особенности тренировок и анализ показателей эффективности демонстрируют, что сотрудники, активно вовлеченные в пожарно-спасательный спорт, показывают лучшие результаты при выполнении нормативов в повседневной службе. Это подтверждает гипотезу о том, что через призму спорта достигается качественно новый уровень профессионализма, где физическая подготовка неразрывно связана с техническим мастерством и тактическим мышлением.

Перспективы дальнейшего изучения данной темы видятся в более детальной разработке адаптивных тренировочных программ для различных возрастных групп сотрудников, а также в интеграции цифровых технологий для фиксации и анализа биометрических показателей спортсменов-пожарных в процессе прохождения дистанций.

Список источников

1. Кулаков М. А. Пожарно-спасательный спорт как средство формирования профессионально важных качеств пожарных и спасателей: монография / М. А. Кулаков, С. В. Носков. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – 184 с.
2. Агеевец В. У. Пожарно-прикладной спорт. Теория и методика обучения: учебное пособие / В. У. Агеевец. – СПб: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2015. – 120 с.

3. Рыгалов В. В. Психологическая подготовка сотрудников Государственной противопожарной службы к деятельности в экстремальных условиях: учебное пособие / В. В. Рыгалов, Д. А. Воронов. – Воронеж: Воронежский институт ГПС МЧС России, 2017. – 112 с.
4. Денисов С. А. Физическая подготовка пожарных и спасателей: учебное пособие / С. А. Денисов, А. В. Шабанов. – М.: ПожКнига, 2020. – 216 с.
5. Губа В. П. Основы спортивной подготовки: учебник для вузов / В. П. Губа. – 2-е изд. – М.: Советский спорт, 2019. – 368 с.
6. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения: учебник / В. Н. Платонов. – М.: Советский спорт, 2015. – 680 с.
7. Назаренко Л. Д. Развитие двигательных качеств при занятиях пожарно-прикладным спортом: учебное пособие / Л. Д. Назаренко. – Уфа: Уфимский юридический институт МВД России, 2021. – 132 с.
8. Огурцов А. В. Пожарно-прикладной спорт в системе профессиональной подготовки: учебное пособие / А. В. Огурцов, А. А. Мельников. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2022. – 150 с.

УДК 614.849
ББК 30р

Денис Владиславович Андреев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (adv-19031981@yandex.ru, SPIN 1499-1041, ID: 760773)

Михаил Владимирович Бондаренко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (mischabo@mail.ru, SPIN 6434-4518, ID: 278150)

Леон Александрович Ифтоди

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (leon.07@mail.ru, SPIN 3854-9037, ID: 770156)

Даниил Юрьевич Старцев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (starcev150805@mail.ru)

Анализ влияния занятий хоккеем на повышение качества профессиональной подготовки специалистов пожарной службы

Аннотация. В статье рассматривается вопрос влияния занятия хоккеем на повышение физического, психологического, профессионального уровня подготовки специалистов пожарной службы. Определено сходство элементов физического и психологического характера организации тренировочного процесса, как спортсменов-хоккеистов, так и пожарных, которые на любительском уровне занимаются таким видом спорта, как хоккей.

Ключевые слова: пожарный, хоккей, спорт, подготовка, обучение, тактика.

Denis V. Andreev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Mikhail V. Bondarenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Leon A. Iftodi

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Daniil Y. Starcev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Analysis of the impact of hockey practice on improving the quality of professional training of fire service specialists

Abstract. The article discusses the impact of hockey practice on improving the physical, psychological, and professional level of training for fire service specialists. The similarity of the elements of the physical and psychological nature of the organization of the training process has been determined, both for hockey players and firefighters who are engaged in such sports as hockey at the amateur level...

Keywords: firefighter, hockey, sports, training, education, tactics.

Профессиональная деятельность специалистов пожарной службы протекает в условиях экстремальных нагрузок, требующих предельной концентрации, мгновенной реакции и колоссальной физической выносливости. Современные вызовы, связанные с усложнением городской инфраструктуры и ростом технологических рисков, диктуют необходимость поиска инновационных подходов к подготовке личного состава. Традиционных методов физического воспитания зачастую оказывается недостаточно для формирования специфического комплекса компетенций, необходимых для эффективной борьбы с огнем и проведения

спасательных операций. В связи с этим актуальность данной работы заключается в поиске и обосновании интеграции игровых видов спорта, в частности хоккея, в систему профессионально-прикладной физической подготовки пожарных.

Рассматривая хоккей как инструмент профессиональной подготовки, необходимо детально проанализировать те физические кондиции, которые формируются в процессе регулярных тренировок и игр. Хоккей с шайбой характеризуется высокой интенсивностью, ациклическостью движений и жестким силовым контактом [1]. Эти условия создают уникальную базу для развития набора качеств, которые критически важны для специалистов пожарной службы при выполнении боевых задач. Переход от общефизической подготовки, заложенной во введении, к практическому анализу специфических навыков позволяет увидеть прямую конвергенцию спортивных достижений в профессиональную эффективность.

Основой физической подготовки хоккеиста является развитие комплексной выносливости. В отличие от монотонного бега, хоккей тренирует способность организма работать в рваном ритме, сочетая аэробные и анаэробные нагрузки. Это проявляется в следующих аспектах:

- развитие скоростно-силовой выносливости, позволяющей сохранять высокую работоспособность при кратковременных пиковых нагрузках.
- формирование устойчивости к кислородному голоданию (гипоксии), что напрямую соотносится с условиями работы пожарного в дыхательном аппарате в задымленной среде.
- повышение общей мобильности сердечно-сосудистой системы, способной быстро адаптироваться к внезапному переходу из состояния покоя к предельному напряжению.

Особое место в структуре подготовки занимает взрывная сила и координация [2]. Хоккей требует умения мгновенно менять направление движения, удерживать равновесие на неустойчивой поверхности и прилагать значительные усилия для борьбы за шайбу. Эти навыки трансформируются в профессиональную среду пожарных через:

- развитие вестибулярного аппарата, что необходимо при передвижении по завалам, лестницам или в условиях ограниченной видимости.
- укрепление мышц-стабилизаторов и общую силовую подготовку, позволяющую эффективно работать с тяжелым гидравлическим инструментом и переносить пострадавших.
- скорость реакции и визуально-моторную координацию, которые в хоккее оттачиваются до автоматизма при слежении за шайбой, а в работе пожарного позволяют мгновенно реагировать на изменение направления огня или обрушение конструкций.

Специфика хоккейных тренировок, проходящих в тяжелой экипировке, также формирует навык терморегуляции и выносливости к весу снаряжения [3]. Вес полного комплекта боевой одежды пожарного сопоставим с весом хоккейной амуниции, и, приученный к таким нагрузкам организм атлета, тратит меньше энергии на ношение защиты, сохраняя ресурс для выполнения основной задачи. Таким образом, хоккеист обладает сформированным атлетическим фундаментом, который обеспечивает ему преимущество в условиях чрезвычайной ситуации. Данная физическая база тесно связана не только с механическим выполнением действий, но и с психологической готовностью к нагрузкам, что подводит нас к следующему аспекту анализа - влиянию спорта на ментальную устойчивость и быстроту принятия решений в стрессовых условиях.

Рассмотренные ранее физические аспекты подготовки закладывают необходимый фундамент, однако эффективность работы пожарного в реальных условиях во многом определяется его ментальным состоянием. Хоккей с шайбой выступает уникальным тренажером для психики, поскольку он моделирует условия высокого риска и дефицита времени [4]. В процессе игры спортсмен постоянно сталкивается с непредсказуемыми изменениями обстановки, что требует предельной концентрации внимания [5]. Для специалиста пожарной службы этот навык трансформируется в способность сохранять самообладание при работе в задымленной зоне или при угрозе обрушения конструкций, когда паника может стоить жизни.

Психологическая устойчивость в хоккее вырабатывается через постоянное

преодоление физической боли, усталости и когнитивного давления со стороны соперника [7]. Пожарный, имеющий игровой опыт, привыкает к состоянию контролируемого стресса. Это позволяет ему не терять продуктивность, когда уровень кортизола в крови зашкаливает. Важным элементом является развитие оперативного мышления. На льду решение о передаче или броске принимается за доли секунды, исходя из мгновенного анализа позиций игроков. Аналогичные когнитивные процессы происходят при тушении пожара, когда необходимо мгновенно оценить направление распространения огня или выбрать безопасный путь эвакуации.

Взаимосвязь хоккея и профессиональной устойчивости специалистов пожарной охраны проявляется в нескольких ключевых факторах:

- формирование антихрупкости психики в условиях высокой цены ошибки.
- развитие способности к переключению внимания между несколькими динамичными объектами.
- автоматизация процесса принятия решений в условиях сенсорной перегрузки (шум, физическое давление).
- повышение порога вхождения в состояние паники за счет привыкания к высокой интенсивности событий.
- отработка алгоритмов действий при резком изменении внешних факторов.

Особое значение имеет эмоциональная регуляция [6]. Хоккей учит подавлять импульсивные реакции ради достижения тактического превосходства. Пожарный, прошедший такую школу, способен более рационально распределять свои ресурсы, игнорируя второстепенные раздражители. Принятие решений перестает быть мучительным процессом выбора и превращается в четкую последовательность действий, основанную на анализе паттернов, распознанных за доли секунды. Этот механизм профессиональной интуиции, отточенный в спорте, становится критическим преимуществом в условиях чрезвычайных ситуаций.

Логическим продолжением развития индивидуальной психологической устойчивости является ее интеграция в коллективную деятельность, где личные качества каждого бойца становятся фундаментом для слаженной работы всего подразделения. Хоккей, как высокоскоростной командный вид спорта, выступает идеальным тренажером для отработки механизмов взаимодействия [8], которые идентичны процессам, происходящим в звене газодымозащитной службы при проведении разведки или тушении пожара. В условиях ограниченного времени и меняющейся обстановки на льду хоккеист приучается не просто выполнять свои функции, а действовать в жесткой сцепке с партнерами, предвосхищая их маневры и обеспечивая страховку.

Основной ценностью хоккея для тактической подготовки пожарного является развитие навыка мгновенного чтения игровой ситуации, что напрямую транслируется на оперативную обстановку при ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Формирование командного взаимодействия в хоккее базируется на следующих ключевых аспектах:

- распределение ролевых функций и зон ответственности, где каждый игрок четко понимает свою задачу в конкретной фазе процесса, будь то атака или оборона.
- отработка алгоритмов взаимовыручки при потере контроля над ситуацией одним из членов команды, что в реалиях пожарной службы минимизирует риск травматизма и гибели сотрудников.
- развитие невербальной коммуникации, когда понимание действий партнера происходит на уровне интуиции и заученных паттернов поведения, что критически важно в условиях сильного задымления или шума.
- синхронизация коллективных усилий для достижения единой цели, где личный результат всегда вторичен по отношению к общей задаче подразделения.

Тактическая подготовка через хоккей включает в себя обучение принятию коллективных решений под давлением противника. Для пожарного специалиста противником

выступает стихия, обладающая своей динамикой распространения. Умение анализировать геометрию площадки, пути перемещения и возможные угрозы в хоккее формирует у бойца пожарной охраны специфическое пространственное мышление. Это позволяет руководителю тушения пожара и подчиненным быстрее оценивать конструктивные особенности здания, направление распространения пламени и прогнозировать возможные обрушения. Взаимодействие в пятерке на льду создает устойчивые нейронные связи, отвечающие за единство действий, превращая разрозненных специалистов в единый боевой механизм.

Список источников

1. Холодов Ж. К. Теория и методика физического воспитания и спорта: учебное пособие для вузов / Ж. К. Холодов, В. С. Кузнецов. – 14-е изд. – М.: Академия, 2021. – 480 с. – URL: <https://uor-kaliningrad.ru/attachments/article/510/Теория%20и%20методика%20физического%20воспитания%20и%20спорта.pdf?ysclid=mkz4srv96948011303> (дата обращения: 20.01.2026).
2. Матвеев Л. П. Общая теория спорта и ее прикладные аспекты: учебник для высших учебных заведений / Л. П. Матвеев. – М.: Советский спорт, 2010. – 340 с. – URL: <https://uralgufk.ru/sites/default/files/page/files/matveev-lp-obschaya-teoriya-sporta-i-ee-prikladnye-aspekty.pdf?ysclid=mkz4xsmrhn789371191> (дата обращения: 20.01.2026).
3. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения: учебник для тренеров высшей квалификации / В. Н. Платонов. – М.: Советский спорт, 2015. – 680 с.
4. Железняк Ю. Д. Спортивные игры: учебник для студентов высших учебных заведений физической культуры / Ю. Д. Железняк, Ю. М. Портнов. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия, 2004. - 320 с. – URL: https://edu.tatar.ru/upload/storage/org5206/files/2Спортивные%20игры_%20Учебник%20для%20вузов_%20Том%201.pdf?ysclid=mkz555a216338518794 (дата обращения: 21.01.2026).
5. Макаров А. В. Теоретические и методические основы развития общей и специальной выносливости у спортсменов: монография / А. В. Макаров. – СПб.: НГУ им. П.Ф. Лесгафта, 2018. – 180 с.
6. Губа В. П. Возрастные основы формирования спортивных умений: монография / В. П. Губа. – М.: Советский спорт, 2012. – 216 с.
7. Ильин Е. П. Психофизиология состояний человека: монография / Е. П. Ильин. – СПб.: Питер, 2005. – 412 с.
8. Неверкович С. Д. Психология в спорте: учебник / С. Д. Неверкович. – М.: Прометей, 2010. – 208 с. – URL: <https://lektsia.com/5x55d6.html?ysclid=mkz5f3n6p3435727696> (дата обращения: 22.01.2026).

Михаил Владимирович Бондаренко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (mischabo@mail.ru, SPIN 6434-4518, ID: 278150)

Александр Юрьевич Кляузов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (ptis316@mail.ru, SPIN 2035-5126, ID: 767064)

Никита Александрович Петров

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (Petrovnikita20057@mail.ru)

Александр Викторович Харитонов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (A.Haritonov@academygps.ru, SPIN 7005-6857, ID: 1177489)

Влияние бокса на качество подготовки пожарного специалиста

Аннотация. В статье рассматривается влияние занятий боксом на профессиональную подготовку специалистов в области пожарной безопасности. Исследуются эффекты, возникающие в процессе развития физических и прикладных навыков, которые являются общими как для атлетов, занимающихся боксом, так и для пожарных. Особое внимание уделяется разработке комплексных программ подготовки, направленных на интеграцию элементов спортивной тренировки в профессиональную деятельность пожарных, что способствует повышению их общей физической подготовленности и профессиональной компетентности.

Ключевые слова: спорт, пожарный, прикладные навыки, подготовка, обучение

Mikhail V. Bondarenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Alexander Y. Klyauzov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Nikita A. Petrov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Alexander V. Kharitonov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

The impact of boxing on the quality of fire specialist training

Abstract. The article discusses the impact of boxing on the training of a firefighter specialist. Commonalities have been found in the development of physical and applied skills, both for athletes and firefighters who engage in sports such as boxing. The options for comprehensive training of a firefighter athlete are proposed.

Keywords: sports, firefighter, applied skills, training, education

Профессиональная деятельность пожарного специалиста протекает в условиях постоянного риска, высокой неопределенности и запредельных физических нагрузок. Ежедневное выполнение задач по ликвидации пожаров, спасению людей и проведению аварийно-восстановительных работ требует от личного состава не просто хорошего здоровья, а исключительной функциональной готовности. В современной системе подготовки спасателей вопрос оптимизации физического тренинга стоит особенно остро, так как стандартные методики общей физической подготовки не всегда в полной мере отвечают

специфическим запросам профессии. Необходим поиск и внедрение таких спортивных дисциплин, которые могли бы комплексно развивать как атлетические, так и когнитивные способности специалиста.

Актуальность данного исследования продиктована тем, что работа в зоне чрезвычайной ситуации требует от человека мгновенной адаптации к меняющейся обстановке, точности движений при дефиците времени и способности сохранять высокую работоспособность в условиях кислородного голодания и теплового стресса. Традиционный бег или силовые упражнения закладывают базу, но они не формируют навык принятия тактических решений в условиях прямого физического противодействия или экстремального психологического давления. В этом контексте бокс представляет собой уникальную прикладную дисциплину, которая по своей динамике и требованиям к организму максимально приближена к реальным условиям работы на пожаре.

Цель работы заключается в глубоком анализе воздействия бокса на повышение эффективности профессиональной деятельности пожарного. Мы стремимся доказать, что интеграция элементов единоборств в учебный процесс позволяет вывести качество подготовки специалистов на новый уровень. Исследование базируется на гипотезе, что боксерские тренировки формируют специфический набор навыков:

- взрывную силу и скоростную выносливость, критически важную при работе с тяжелым гидравлическим инструментом и прокладывании рукавных линий;
- пространственную координацию и способность сохранять равновесие в задымленной среде;
- высокую скорость реакции на изменяющиеся внешние стимулы;
- психологическую устойчивость к стрессовым факторам, умение контролировать страх и панику.

Особое внимание в докладе уделяется тому, что бокс — это не только физическое развитие, но и мощный инструмент формирования характера. Для пожарного важно умение «держать удар» в прямом и переносном смысле, сохраняя при этом ясную голову. Мы рассмотрим, как регулярные спарринги и работа на снарядах трансформируются в уверенность при выполнении служебных обязанностей в зоне бедствия. Процесс подготовки профессионала должен быть системным, поэтому в работе анализируются методики, позволяющие гармонично вписать боксерские нагрузки в общую структуру физической службы сотрудников МЧС без ущерба для их восстановления.

В текущем исследовании мы последовательно раскроем каждый аспект заявленной темы. Сначала мы обратимся к теоретическим основам подготовки, чтобы четко понимать, какие именно физиологические системы организма пожарного подвергаются наибольшей нагрузке. Это создаст необходимую базу для понимания того, почему именно бокс был выбран в качестве объекта изучения. В последующих разделах будет детально разобран механизм влияния тренировочного процесса на профессионально важные качества, а также предложена рациональная методология внедрения этих практик в повседневную жизнь пожарных частей[1].

Таким образом, введение служит фундаментом для понимания социальной и профессиональной значимости рассматриваемого вопроса. Переходя к следующему этапу нашего исследования, необходимо детально разобрать теоретические основы физической подготовки пожарных, чтобы определить стандарты, на которые мы будем опираться при оценке эффективности бокса как прикладного средства совершенствования мастерства спасателя. Это позволит соотнести современные требования нормативных документов с практическими возможностями, которые открывает перед специалистом специализированный спортивный тренинг.

Современные методики подготовки личного состава традиционно делятся на общую физическую подготовку (ОФП) и специальную физическую подготовку (далее - СФП). ОФП направлена на укрепление здоровья и создание базы, в то время как СФП фокусируется на развитии прикладных навыков. Однако существующая система часто опирается на

стандартные легкоатлетические и силовые упражнения, которые не всегда в полной мере учитывают специфику работы в средствах индивидуальной защиты органов дыхания (далее - СИЗОД). Теоретический анализ доказывает, что эффективность подготовки значительно возрастает, когда тренировочный процесс моделирует факторы реального боевого выезда: ограниченную видимость, тепловое воздействие и дефицит времени[2].

Ключевые физические качества, необходимые пожарному, включают в себя:

- силовую выносливость, необходимую для перемещения грузов весом до 50–70 кг в полном снаряжении.
- скоростно-силовые показатели, обеспечивающие быстрое преодоление препятствий и подъем по штурмовым лестницам;
- ловкость и высокую координацию движений, наличие которых, позволяет лучше маневрировать в завалах и узких проходах;
- функциональную устойчивость сердечно-сосудистой системы к воздействию высоких температур и гипоксии;

Психологический аспект подготовки неотделим от физического. Теоретические основы подготовки базируются на концепции психофизиологической готовности. Это означает, что физическое упражнение должно не только развивать мышцы, но и тренировать нервную систему: формировать быстроту реакции, концентрацию внимания и способность сохранять хладнокровие. В условиях экстремального стресса происходит сужение сознания и потеря мелкой моторики, поэтому методология обучения направлена на автоматизацию движений и развитие «мышечной памяти».

Эффективность методики определяется тем, насколько развитые в зале качества переносятся на профессиональную почву. Исследования показывают, что изоляционные силовые нагрузки на тренажерах менее эффективны, чем комплексные упражнения, задействующие всё тело. Важно понимать, что пожарный работает в команде, где его физическая форма напрямую влияет на безопасность коллег. Таким образом, теоретическая база физического воспитания в пожарной охране сегодня смещается в сторону функционального тренинга и единоборств, которые позволяют одновременно развивать и физiku, и ментальную устойчивость[3].

Такой комплексный подход создает необходимую базу для интеграции специализированных видов спорта в программу обучения. Понимание теоретических основ и требований, предъявляемых к организму спасателя, позволяет более детально рассмотреть конкретные инструменты совершенствования этих качеств. Именно через призму развития координации, взрывной силы и психологической стойкости следует оценивать потенциал бокса, который в следующем разделе будет рассмотрен как эффективное средство повышения профессионального мастерства пожарных специалистов.

Развитие скоростно-силовых показателей в боксе происходит за счет выполнения взрывных движений. Работа на тяжелых снарядах, таких как мешки и груши, формирует навык генерации мощного усилия в кратчайший промежуток времени. Для пожарного этот навык является критическим при необходимости оперативного вскрытия дверных конструкций с помощью ручного инструмента, разбора завалов или перемещения тяжеловесного оборудования. Ударная техника бокса учит использовать массу всего тела и инерцию, превращая механическое движение в направленную силу, что напрямую коррелирует с эффективностью работы спасателя в условиях ограниченного времени.

Особое значение имеет специальная выносливость, нарабатываемая в ходе раундовых спаррингов и интенсивной работы на лапах. Тренировочный процесс в боксе протекает в смешанном анаэробно-аэробном режиме, что идентично физиологическому стрессу при работе в средствах индивидуальной защиты органов дыхания. Занятия боксом приучают организм функционировать в условиях кислородного голодания и высокого уровня лактата в крови[4].

Профессиональная деятельность пожарного требует исключительной координации и чувства баланса в нестабильной среде. Боксерская тренировка включает в себя сложную

работу ног, постоянные перемещения, уклоны и нырки, что развивает вестибулярный аппарат и проприоцепцию. Эти качества позволяют спасателю уверенно передвигаться по задымленным помещениям, скользким поверхностям или высотным конструкциям, сохраняя устойчивость при манипуляциях с пожарным стволом под высоким давлением [5].

Пожарный должен мгновенно реагировать на изменение направления огня, обрушение конструкций или внезапные вспышки. Постоянная работа с партнером приучает фиксировать микросигналы об опасности и переводить их в адекватное двигательное действие без задержек. Взаимосвязь физических качеств, развиваемых боксом, формирует следующий комплекс преимуществ:

- повышение эффективности использования кислорода при пиковых физических нагрузках;
- укрепление мышечного корсета и суставно-связочного аппарата, работающего в условиях резких осевых нагрузок;
- формирование навыка сохранения высокой работоспособности на фоне прогрессирующего утомления;
- оптимизация сенсомоторных реакций на визуальные и звуковые раздражители;
- развитие способности к мгновенному переключению между различными типами двигательных задач.

Адаптация боксерских упражнений под нужды пожарных позволяет не только укрепить тело, но и подготовить нервную систему к работе в режиме многозадачности. Умение распределять внимание между противником и окружающей обстановкой в ринге трансформируется в умение контролировать очаг пожара, одновременно следя за безопасностью звена и состоянием пострадавших. Таким образом, бокс выступает мостом между базовой физической формой и специализированным мастерством спасателя.

Самоконтроль и эмоциональная регуляция составляют фундамент профессиональной надежности спасателя. Занятия боксом способствуют выработке волевых качеств, позволяющих игнорировать внешние раздражители и фокусироваться на выполнении задачи. Это достигается за счет следующих психологических механизмов:

- повышение порога болевой чувствительности и снижение страха перед физическим контактом, что критично при работе в завалах;
- развитие умения сохранять концентрацию внимания на протяжении длительного времени, несмотря на отвлекающие факторы;
- формирование навыка быстрого выхода из состояния аффекта и возвращения к рациональному поведению после завершения экстремальной фазы работы;
- укрепление уверенности в собственных силах, основанное на реальном опыте преодоления сопротивления оппонента.

Анализ поведенческих реакций показывает, что пожарные, практикующие бокс, реже допускают ошибки, связанные с импульсивностью. Регулярная практика поединков учит терпению и выжиданию подходящего момента, что в профессиональной деятельности трансформируется в умение четко следовать алгоритмам безопасности, не поддаваясь деструктивному желанию неоправданного риска. Способность подавлять агрессию и направлять энергию в конструктивное русло действий является прямым следствием дисциплины единоборств.

Отдельным фактором выступает коллективная стрессоустойчивость и командное взаимодействие. Несмотря на индивидуальный характер бокса как спорта, тренировочный процесс в секции формирует взаимное доверие и ответственность. Умение чувствовать дистанцию и ритм работы партнера находит отражение в слаженности действий пожарного расчета, где от психологического соответствия членов группы зависит успех операции. Таким образом, психологическая подготовка через бокс создает надежный заслон профессиональному выгоранию и посттравматическим расстройствам, поскольку специалист заранее обучается техникам ментальной саморегуляции. Сформированный в зале психологический фундамент позволяет перейти к интеграции полученных навыков в

конкретную методику профессиональной тренировки.

Для эффективной реализации программы предлагается внедрение следующих специфических упражнений, адаптированных под профессиональные запросы службы:

- отработка серий ударов по тяжелому мешку в полном боевом снаряжении и включенном дыхательном аппарате для адаптации легких к форсированному дыханию под нагрузкой;

- челночные перемещения в паре с сопротивлением эластичных жгутов, имитирующие прокладку рукавной линии и маневрирование в ограниченном пространстве;

- работа на пневматических и скоростных грушах для развития визуального контроля и концентрации внимания в условиях сенсорной депрессии (шум, огонь, ограниченная видимость);

- упражнения «бой с тенью» со свободными весами (гантелями 1-2 кг), переходящие в имитацию работы с пожарным стволом, что укрепляет статико-динамическую выносливость мышц стабилизаторов;

- спарринги в лёгком контакте (пятнашки) для тренировки реактивного принятия решений в условиях противодействия и хаоса, что напрямую влияет на когнитивную гибкость командира звена ГДЗС.

Организация тренировочного процесса должна осуществляться на базе существующих спортивных залов пожарных депо с минимальным дооснащением. Программа должна быть встроена в график дежурных смен, при этом интенсивные боксерские сессии рекомендуется проводить в дни, свободные от плановых тактико-специальных учений, чтобы избежать переутомления центральной нервной системы. Важным аспектом является соблюдение мер безопасности и исключение травматизма, поэтому основная работа должна вестись на снарядах и в защитной экипировке.

Для оценки эффективности предложенной методологии внедряется система контрольных нормативов, включающая не только стандартные челночный бег и подтягивания, но и специфические тесты: количество акцентированных ударов за 30 секунд после преодоления полосы препятствий, а также замер остаточного давления в баллоне после интенсивного боксерского раунда [6]. Такой подход позволяет отследить прямую зависимость между боксерской подготовкой и экономизацией расхода кислорода при высокой физической активности.

Также были проанализированы конкретные статистические данные и результаты тестирований, которые подтверждают результативность описанных методов на практике и демонстрируют качественный рост профессиональной готовности личного состава.

Подводя итог проведённому исследованию, необходимо констатировать, что физическая подготовка пожарных специалистов является не просто вспомогательным элементом учебного процесса, а фундаментом их профессиональной надежности. Проанализировав специфику работы в условиях чрезвычайных ситуаций, мы убедились, что стандартных методов общей физической подготовки зачастую недостаточно для формирования специфического набора навыков, требуемых при ликвидации пожаров. Основная идея работы нашла свое подтверждение: интеграция бокса в систему профессионального обучения выступает мощным катализатором развития как физических, так и когнитивных способностей личного состава. Это обусловлено тем, что структура боксерского поединка и работа пожарного на вызове имеют схожую динамику - интервальные нагрузки высокой интенсивности, необходимость постоянной концентрации внимания и дефицит времени на принятие жизненно важных решений.

Результаты внедрения предложенной методики и оценка ее эффективности в рамках данной работы позволяют сформулировать ряд обобщающих выводов по улучшению системы профессиональной подготовки:

- бокс способствует комплексному развитию вестибулярного аппарата и способности ориентироваться в пространстве при ограниченной видимости;

- систематические тренировки повышают порог анаэробного обмена, что критически

важно при интенсивных физических нагрузках в теплоотражательных костюмах;

- психологическая адаптация к стрессовым факторам в спортивном зале успешно экстраполируется на реальную боевую работу по тушению пожаров;

- групповые занятия боксом укрепляют морально-боевой дух подразделения и способствуют слаженности действий внутри дежурных караулов.

Перспективы дальнейших исследований в данном направлении видятся в более глубоком изучении физиологических механизмов адаптации организма пожарных к комбинированным нагрузкам боксерского типа. Важным шагом станет разработка дифференцированных программ подготовки, учитывающих возрастные особенности сотрудников и их текущий стаж службы. Совершенствование методик оценки эффективности внедряемых элементов бокса позволит создать гибкую систему контроля за функциональным состоянием специалистов. В долгосрочной перспективе это не только повысит качество выполнения служебных задач, но и существенно снизит риск производственного травматизма, обеспечивая сохранение здоровья и долголетие кадров пожарной охраны. Таким образом, предложенный подход является обоснованным шагом к модернизации стандартов профессионального мастерства современных спасателей.

Список источников

1. Платонов В. Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте: Общая теория и её практические приложения / В. Н. Платонов. – М.: Советский спорт, 2004. – 808 с.
2. Холодов, Ж. К. Теория и методика физического воспитания и спорта : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ж. К. Холодов, В. С. Кузнецов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Академия, 2003. – 480 с.
3. Верхошанский Ю. В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю. В. Верхошанский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Советский спорт, 1988. – 331 с.
4. Озолин Н. Г. Настольная книга тренера: Наука побеждать / Н. Г. Озолин. – М.: АСТ, 2004. – 863 с.
5. Романенко М. А. Бокс: учебник для студентов вузов физической культуры / М. А. Романенко, Е. А. Шестопалов, В. А. Чумаков. – М.: Олимпия Пресс, 2006. – 480 с.
6. Филимонов В. И. Бокс, кикбоксинг, рукопашный бой: учебное пособие для вузов / В. И. Филимонов. – М.: Академический проект, 2001. – 400 с.
7. Воронин С. М. Профессионально-прикладная физическая подготовка: учебное пособие для вузов / С. М. Воронин [и др.]; под редакцией Н. А. Воронова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 140 с. – URL: [http://lib.sibsport.ru/www/libsport.nsf/0/21e3f86265062f02462584f90029bd7d/\\$FILE/Воронов.pdf](http://lib.sibsport.ru/www/libsport.nsf/0/21e3f86265062f02462584f90029bd7d/$FILE/Воронов.pdf) (дата обращения: 20.01.2026).
8. Кудин Ф. Г. Физическая подготовка пожарных: учебное пособие / Ф. Г. Кудин. – Иркутск: ВСИ МВД России, 2008. – 184 с.
9. Морозов В. В. Психологическая подготовка пожарных и спасателей: учебное пособие / В. В. Морозов. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 216 с.
10. Литвинов Н. П. Теория и методика физического воспитания: Учебное пособие / Н. П. Литвинов, В. В. Нарский. – М.: Флинта, 2010. – 216 с.
11. Особенности физической подготовки пожарных [Электронный ресурс]: Национальный центр управления в кризисных ситуациях МЧС России. – Москва, 2018. – URL: http://ncs.mchs.gov.ru/upload/site1/document_file/Osobennosti_fizicheskoi_j_podgotovki_pozharnyh.pdf (дата обращения: 21.01.2026).
12. Применение бокса в тренировочном процессе военнослужащих [Электронный ресурс] / Министерство обороны Российской Федерации. – М., 2020. – URL: <https://structure.mil.ru/structure/forces/sport/news/more.htm?id=12323869@cmsArticle> (дата обращения: 22.01.2026).
13. Психология экстремальных ситуаций [Электронный ресурс]: Большая российская энциклопедия. – Москва, 2019. – URL: <https://bigenc.ru/psychology/text/3171350> (дата обращения: 22.01.2026).

Михаил Владимирович Бондаренко

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (mischabo@mail.ru, SPIN 6434-4518, ID: 278150)

Доржнамбер Галбадрах

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (Gdorjoo555@gmail.com)

Пожарная охрана Монголии

Аннотация. В данной статье проводится детальный анализ системы пожарной охраны Монголии в контексте её роли как неотъемлемого компонента национальной системы безопасности. В работе рассматриваются ключевые особенности и уникальные аспекты организационной структуры пожарной службы, а также её функциональные элементы. Особое внимание уделяется систематическому исследованию основных характеристик компонентов пожарной безопасности Монголии, включая профилактику возгораний и мероприятия по ликвидации пожаров.

Ключевые слова: пожарная охрана, чрезвычайная ситуация, профессиональная подготовка, предупреждение пожаров, тушение пожаров.

Mikhail V. Bondarenko

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Dorzhnamber Galbadrach

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Mongolia Fire Department

Abstract. The article considers the fire protection of Mongolia as an element of the security system of this state. The distinctive features and features of the fire service device are given. The main characteristics of the individual components of the country's fire safety, such as fire prevention and extinguishing, are structurally defined

Keywords: fire protection, emergency, professional training, fire prevention, fire fighting.

Пожары представляют собой одну из наиболее опасных чрезвычайных ситуаций, угрожающих жизни и здоровью людей, окружающей среде и экономике государства. В условиях изменения климата, засушливых периодов и активного освоения территорий проблема пожарной безопасности приобретает особую актуальность.

Монголия - государство с обширными степными и лесными территориями, где риск природных и техногенных пожаров остается высоким. В связи с этим в стране сформирована система пожарной охраны, деятельность которой строго регулируется законодательством.

В Монголии пожарная охрана является частью государственной системы защиты от чрезвычайных ситуаций и действует на всей территории страны.

Основываясь на законодательстве Монголии, можно сказать, что пожарная охрана - это совокупность органов управления, сил и средств, предназначенных для: предупреждения пожаров, тушения пожаров, спасения людей и имущества, ликвидации последствий пожаров, проведения профилактических и контрольных мероприятий.

Монголия подвержена степным пожарам, лесным пожарам, пожарам в юрточных районах, возгораниям из-за сильных ветров и сухого климата. Поэтому государство уделяет особое внимание: раннему обнаружению пожаров, мобильности пожарных подразделений, международной помощи при крупных пожарах.

Законы Монголии «О защите от чрезвычайных ситуаций», «О пожарной безопасности» и другие подзаконные нормативные акты, являются руководящими в области обеспечения пожарной безопасности.

Профилактика - приоритетное направление пожарной безопасности в Монголии.

Основные меры профилактики:

- контроль за соблюдением противопожарных правил;
- регулярные проверки объектов: противопожарные инструктажи работников;
- очистка территорий от сухой травы;
- ограничения на разведение огня в пожароопасный период;
- мониторинг лесных и степных пожаров с применением авиации и спутников.

Граждане обязаны:

- соблюдать правила пожарной безопасности;
- не допускать действий, способных вызвать пожар;
- сообщать о возгорании в экстренные службы;
- выполнять требования пожарных при эвакуации.

Организации обязаны:

- обеспечивать противопожарное состояние объектов;
- иметь системы оповещения и эвакуации;
- содержать средства пожаротушения;
- проводить обучение персонала;
- разрабатывать планы ликвидации пожаров.

За нарушение требований пожарной безопасности предусмотрены два вида ответственности.

Административная ответственность:

- штрафы;
- приостановка деятельности объекта;
- аннулирование лицензий.

Уголовная ответственность:

- при гибели людей;
- при причинения крупного материального ущерба;
- при умышленном поджоге.

Борьба с пожарами и операции по их тушению выполняются подразделениями по борьбе с пожарами (далее - подразделение) и поисково-спасательными подразделениями, а также специализированными формированиями.

Пожаротушение включает участие физических и юридических лиц, гражданских техников и персонала объекта.

Система пожарной охраны Монголии включает в себя: государственную пожарную охрану, добровольную пожарную охрану, ведомственную и объектовую пожарную охрану.

Государственная пожарная охрана - это основная и наиболее оснащенная часть системы. В её состав входят:

- профессиональные пожарно-спасательные части;
- специальные подразделения быстрого реагирования;
- гарнизоны в городах и аймаках (регионах).

Основные задачи государственной пожарной охраны:

- тушение пожаров;
- аварийно-спасательные работы;
- помощь при дорожно-транспортных происшествиях, наводнениях и других чрезвычайных ситуациях.

Добровольная пожарная охрана - создаётся в сельских районах, на предприятиях и в отдалённых населённых пунктах. Добровольцы:

- проходят обучение;
- обеспечиваются базовым снаряжением;

- помогают профессиональным пожарным до их прибытия.

Добровольные формирования особенно важны в степных и лесных районах Монголии.

Ведомственная и объектовая пожарная охрана. Финансируется за счёт организаций и действует в соответствии с государственными требованиями. Создаётся на:

- промышленных предприятиях;
- энергетических объектах;
- складах и базах хранения;
- объектах повышенной пожарной опасности.

В ходе борьбы с пожарами и тушения огня необходимо обеспечивать безопасность сотрудников при выполнении служебных обязанностей, защищать жизнь и здоровье пожарных и спасателей, а также обеспечивать защиту жизни и здоровья граждан, имущества, придерживаться принципа честного исполнения присяги [1].

При тушении начальник пожарной команды (командир подразделения или старший офицер отделения) оценивает ситуацию профессионально и обеспечивает руководство и контроль за проведением операций. Начальник пожарной команды непосредственно отчитывается о своей работе перед соответствующими официальными лицами высшего уровня.

Сотрудникам организации по чрезвычайным ситуациям, участвующим в тушении пожаров, запрещается без разрешения начальника тушащего пожар, руководителя или начальника подразделения самостоятельно покидать подчиненное пожарное подразделение.

Основой обеспечения готовности к тушению пожаров являются плановое проведение учений дежурного состава и тренировок, а также организационные мероприятия. Учения и тренировки направлены на развитие личных качеств, правовую грамотность, профессиональные навыки, физическую подготовку, психологическую готовность, использование транспортных средств, оборудования и инструментов, а также обеспечение готовности [2].

Учения и тренировки проводятся в различной форме:

- занятия в аудитории (лекции по физической подготовке, теоретическое обучение);
- внеаудиторные занятия;
- практические занятия (ежедневная практическая подготовка, занятия по развёртыванию сил и средств, тактическая подготовка);
- дистанционное, электронное обучение;
- дискуссии по вопросам тушения пожаров.

Операция по прекращению распространения и полной ликвидации пожара проводится при соблюдении следующих условий:

- смачивать поверхность горящего материала;
- создавать на не горящих участках или в окружающей среде пары или газы, препятствующие горению;
- быстро направлять необходимое количество людей и оборудования для выполнения работы;
- начальник пожарной команды должен быстро занять рабочее место и в короткий срок профессионально менять подразделения;
- постоянно подавать вещества для тушения пожара (вода, пена, порошок, другие);
- производить разборку строительных конструкций для создания изоляционных промежутков;
- при тушении лесного или степного пожара предотвращать условия, способствующие распространению огня.

Пожарная охрана Монголии представляет собой комплексную, законодательно закреплённую систему, направленную на защиту населения, имущества и окружающей среды. Эффективность её работы обеспечивается чёткой нормативной базой, профессиональной подготовкой личного состава и активным участием граждан [2].

Изучение опыта Монголии в сфере пожарной безопасности имеет практическое

значение для подготовки специалистов МЧС и развития международного сотрудничества.

Список источников

1. Институциональная (нормативно-правовая) основа сотрудничества университетов и промышленности (на примере Монголии) / Д. Одмаа, В. А. Клименко, Ж. Буянхишиг, Т. В. Сергеевич // Экономическая наука сегодня : сб. науч. ст. / БНТУ. – Минск, 2023. – Вып. 17. – С. 112–122. URL: <https://doi.org/10.21122/2309-6667-2023-17-112-122>.
2. Менчук В. В. Трансграничное взаимодействие структур МЧС России и структур Государственного агентства по ЧС Монголии при предупреждении и ликвидации приграничных чрезвычайных ситуаций // Записки Забайкальского отделения Русского географического общества. Вып. 135: Географические исследования пригранично-периферийных районов в рыночных условиях, 2016. С. 230-237.

Владислав Эльбрусович Дзанагов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (vladdzanagov@gmail.com.)

Александр Михайлович Новиков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (a.novicov@academygps.ru, SPIN 2784-0758, ID: 1123859)

Психологические аспекты принятия тактических решений в условиях пожара

Аннотация. В статье рассматриваются психологические особенности принятия тактических решений сотрудниками пожарной службы в экстремальных условиях. Анализируется влияние стресс-факторов на когнитивные процессы, модели принятия решений в условиях дефицита времени и неопределенности, а также роль профессионального опыта и индивидуально-психологических качеств. Особое внимание уделяется феномену «распознающего решения» как основной модели действий опытных пожарных. Представлены результаты современных исследований стрессоустойчивости и нервно-психической адаптации сотрудников МЧС России...

Ключевые слова: принятие решений, пожарные, экстремальные ситуации, стрессоустойчивость, психологическая адаптация, профессиональный риск, тактическое мышление

Vladislav E Dzanagov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Aleksandr M. Novikov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Psychological Aspects of Tactical Decision-Making in Fire Situations

Abstract. The article discusses the psychological features of tactical decision-making by firefighters in extreme conditions. It analyzes the impact of stress factors on cognitive processes, decision-making models in conditions of time constraints and uncertainty, as well as the role of professional experience and individual psychological qualities. Special attention is given to the phenomenon of "recognizing decisions" as the main model of action for experienced firefighters. The article presents the results of modern research on stress resistance and mental adaptation of employees of the Russian Ministry of Emergency Situations...

Keywords: decision-making, firefighters, extreme situations, stress resistance, psychological adaptation, professional risk, and tactical thinking

Деятельность пожарных относится к числу наиболее экстремальных профессий. Работа в условиях пожара характеризуется комплексом экстремальных факторов: высокая температура, задымление, угроза обрушения конструкций, дефицит времени, ответственность за жизнь людей и сослуживцев. В таких условиях принятие тактических решений приобретает особую специфику, отличающуюся от обычных управленческих решений.

Как отмечает в своем исследовании С. Коэн-Хаттон, пожарный и доктор психологии, специалистам приходится сталкиваться с ситуациями, когда необходимо выбирать «не лучшее решение, а лишь наименее плохое». Это накладывает особый отпечаток на психологические механизмы принятия решений.

Экстремальная ситуация пожара характеризуется рядом психологических параметров, влияющих на процесс принятия решений. Прежде всего, это высокий уровень

неопределенности – информация о развитии пожара, наличии людей в здании, состоянии конструкций всегда неполна и противоречива. Кроме того, присутствует хронический временной дефицит – решения необходимо принимать в считанные секунды или минуты [1].

Важной характеристикой является высокая цена ошибки – неверное решение может привести к гибели людей, включая самих пожарных. Это создает дополнительное психоэмоциональное напряжение. Исследователи А.В. Пономарев, О.Ю. Зотова и др. подчеркивают, что представления о риске являются ключевым компонентом, опосредующим профессиональную деятельность в экстремальных условиях[2].

В психологии труда выделяют две основные модели принятия решений в экстремальных ситуациях. Первая – аналитическая модель, предполагающая сбор информации, оценку альтернатив и выбор оптимального варианта. Однако в условиях пожара эта модель часто неприменима из-за дефицита времени.

Вторая модель – распознающее принятие решений описанная Г. Кляйном. Согласно этой модели, опытные пожарные не сравнивают множество альтернатив, а действуют на основе распознавания типа ситуации и мгновенного выбора соответствующего шаблона действий. Опытный руководитель тушения пожара «видит» ситуацию целостно и интуитивно выбирает тактику, которая уже доказала свою эффективность в сходных условиях.

Исследования С. Коэн-Хаттон подтверждают, что профессиональный опыт позволяет пожарным принимать молниеносные решения, которые оказываются верными в подавляющем большинстве случаев. При этом важно отметить, что такая интуитивность базируется не на врожденных качествах, а на сформированных в процессе профессиональной деятельности когнитивных схемах.

Е.В. Папко с соавторами в своем исследовании стрессоустойчивости сотрудников Федеральной противопожарной службы МЧС России выявили, что высокий уровень нервно-психической устойчивости характерен лишь для 33,7% пожарных, средний уровень – для 66,3% . При этом сотрудников с низким уровнем устойчивости в выборке не обнаружено, что свидетельствует об эффективности профессионального отбора[3].

Исследователи выделяют следующие стресс-факторы, влияющие на принятие решений:

- физиологические (гипоксия, перегрев, физическое истощение);
- психологические (ответственность, дефицит времени, неопределенность);
- социальные (взаимодействие с пострадавшими, работа в команде).

Под воздействием этих факторов у недостаточно подготовленных сотрудников может возникать «сужение когнитивной карты» – феномен, при котором человек перестает воспринимать периферийную информацию и фиксируется лишь на одном аспекте ситуации, игнорируя другие важные признаки.

Исследования показывают, что успешность принятия тактических решений зависит от комплекса профессионально важных качеств. Психологический анализ деятельности пожарных позволяет выделить следующие ключевые компетенции:

Эмоционально-волевая устойчивость – способность сохранять ясность мышления в условиях стресса. Как отмечается в исследовании В.Ю. Ширяева, психологические механизмы принятия решений у пожарных включают особые способы саморегуляции, позволяющие блокировать панику и сохранять работоспособность [6].

Толерантность к неопределенности – способность действовать при недостатке информации. Интересно, что согласно данным диссертационного исследования А.В. Пономарева, с увеличением стажа профессиональной деятельности показатель толерантности к неопределенности у пожарных снижается. Это может объясняться тем, что опытные специалисты начинают опираться на сформированные профессиональные схемы, снижающие субъективную неопределенность.

Развитое тактическое мышление – способность быстро оценивать обстановку, прогнозировать развитие ситуации и выбирать оптимальные способы действий. П.М. Евграфов и И.П. Евграфов подчеркивают, что решения руководителя тушения пожара

основываются на «расчетной матрице», сформированной за время профессиональной деятельности и описывающей общие принципы пожарной тактики.

Важнейшим направлением повышения качества принимаемых решений является специальная психологическая подготовка. П.М. Евграфов и И.П. Евграфов предлагают использовать методы психологического моделирования и активного обучения – анализ конкретных ситуаций и деловые игры, моделирующие различные сценарии развития пожара.

Разработанная А.В. Пономаревым и коллегами программа оптимизации представлений о риске включает формирующий психологический тренинг и дополнительные практические занятия. Результаты апробации показали, что такая подготовка способствует более глубокой дифференциации профессионального риска и рефлексии профессиональной деятельности, отказу от непрагматичного поведения.

Е.В. Папко с соавторами разработали дискриминантную модель оценки стрессоустойчивости пожарных, включающую шесть статистически значимых предикторов: стаж деятельности, нервно-психическую устойчивость, поведенческую регуляцию, локус контроля, коммуникативные качества и цели в жизни. Модель позволяет с 94,3% точности классифицировать сотрудников по профессиональным группам и прогнозировать успешность их деятельности.

Психологические аспекты принятия тактических решений в условиях пожара представляют собой сложную междисциплинарную проблему, находящуюся на пересечении психологии труда, экстремальной психологии и теории управления. Эффективность действий пожарных определяется не только их профессиональными знаниями и навыками, но и способностью сохранять психологическую устойчивость в экстремальных условиях, адекватно оценивать риск, быстро распознавать типовые ситуации и принимать решения на основе сформированных профессиональных схем.

Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на совершенствование методов психологической подготовки, разработку систем интеллектуальной поддержки принятия решений, а также изучение индивидуально-психологических детерминант успешности профессиональной деятельности пожарных.

Список источников

1. Коэн-Хаттон С. В пылу момента. Истории пожарного о непростом выборе между молниеносными и взвешенными решениями. – М.: Эксмо, Бомбора, 2020. – 272 с.
2. Пономарев А.В., Зотова О.Ю., Обознов А.А., Горобец Т.Н., Лаптев Л.Г. Представление о риске в системе профессиональной мотивации сотрудника МЧС: диссертация. – 2017.
3. Папко Е.В., Григорьев С.Г., Стукалов С.Ю. Способ оценки стрессоустойчивости сотрудников Федеральной противопожарной службы МЧС России для принятия управленческих решений // Научные журналы МЧС России. – 2022.
4. Евграфов П.М., Евграфов И.П. Психологическое моделирование и вероятностное оценивание сложных знаний в области пожарной безопасности // КиберЛенинка. – [б.г.].
5. Сошина О.Н. Прогнозирование психологических рисков в чрезвычайных и экстремальных ситуациях // Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. – 2013. – С. 20-24.
6. Ширяев В.Ю. Психологические механизмы принятия решений у пожарных: дипломная работа. – МГУ имени М.В. Ломоносова, 2021.

Гаджибагомед Рамазанович Багомедов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (gadjibagomed1@mail.ru)

Александр Михайлович Новиков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (a.novikov@academygps.ru, SPIN 2784-0758, ID: 1123859)

Разведка и современные технологии

Аннотация. В статье рассматриваются особенности применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в системе разведки и мониторинга крупных природных и техногенных пожаров. Проанализированы функциональные возможности современных беспилотных авиационных систем, включая аэрофотосъёмку, тепловизионный контроль, дистанционное зондирование и интеграцию данных в геоинформационные системы управления чрезвычайными ситуациями. Освещены нормативно-правовые основы использования БПЛА в Российской Федерации и практический опыт их внедрения в подразделениях МЧС России. Определены преимущества беспилотных технологий в повышении оперативности принятия решений и обеспечении безопасности личного состава. Рассмотрены технические ограничения и перспективы дальнейшего развития автономных систем разведки при ликвидации крупных пожаров.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, пожарная разведка, мониторинг пожаров, дистанционное зондирование, тепловизионный контроль, МЧС России.

Gadjibagomed R. Bagomedov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Aleksandr M. Novikov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Reconnaissance and Modern Technologies

Abstract. The article examines the application of unmanned aerial vehicles (UAVs) in reconnaissance and monitoring during large-scale natural and industrial fires. The functional capabilities of modern unmanned aerial systems are analyzed, including aerial photography, thermal imaging surveillance, remote sensing technologies, and integration of collected data into geographic information systems for emergency management. The regulatory framework governing UAV use in the Russian Federation and practical experience of their implementation in EMERCOM units are discussed. The advantages of UAV technologies in improving operational decision-making and nursing personnel safety are identified. Technical limitations and future prospects for the development of autonomous fire reconnaissance systems are also considered.

Keywords: unmanned aerial vehicles, UAV, fire reconnaissance, fire monitoring, remote sensing, thermal imaging, emergency management.

Современные крупные пожары характеризуются высокой скоростью распространения огня, сложной динамикой развития и необходимостью оперативного принятия управленческих решений. Согласно Федеральному закону РФ «О пожарной безопасности», обеспечение эффективной разведки обстановки является обязательным элементом организации тушения пожара [1].

Разведка пожара направлена на установление очагов горения, определение путей распространения огня, оценку угрозы людям и объектам инфраструктуры. В учебной и

научной литературе по пожарной тактике подчёркивается, что своевременность получения информации напрямую влияет на исход ликвидации чрезвычайной ситуации.

В условиях масштабных природных пожаров традиционные способы разведки (наземные группы, пилотируемая авиация) имеют ограничения по безопасности и оперативности. Именно поэтому в последние годы активно внедряются беспилотные авиационные системы [1].

Беспилотные летательные аппараты обеспечивают проведение воздушной разведки без риска для экипажа и позволяют получать визуальные и тепловизионные данные в режиме реального времени. В работах по теории и практике применения беспилотных систем отмечается, что использование БПЛА значительно снижает временные затраты на оценку оперативной обстановки [1].

Применение тепловизионных камер позволяет выявлять скрытые очаги горения и зоны повышенной температуры, которые невозможно определить визуально. Технологии дистанционного зондирования подробно описаны в трудах по аэрокосмическому мониторингу, где подчёркивается их эффективность при анализе температурных аномалий [2].

Кроме того, беспилотники используются для построения ортофотопланов и трёхмерных моделей местности, что существенно повышает качество планирования тушения пожара и расстановки сил [1].

Современные БПЛА оснащаются системами спутниковой навигации (GPS/ГЛОНАСС), автоматической стабилизации полёта и цифровыми каналами передачи данных. В специализированной литературе по беспилотным авиационным системам отмечается, что точность позиционирования современных комплексов позволяет создавать высоко детализированные карты местности [1].

Использование технологий дистанционного зондирования Земли позволяет анализировать распределение температуры и выявлять потенциальные направления распространения огня. Методы обработки тепловых изображений подробно рассматриваются в работах по дистанционному мониторингу природных процессов [2].

Интеграция полученных данных в геоинформационные системы управления чрезвычайными ситуациями обеспечивает формирование единого информационного пространства, что повышает эффективность координации подразделений.

К основным преимуществам применения БПЛА относятся мобильность, оперативность развертывания и возможность круглосуточного мониторинга при использовании тепловизоров [2].

Среди ограничений выделяются зависимость от погодных условий, ограниченное время автономного полёта и необходимость подготовки квалифицированных операторов [1].

Перспективным направлением является развитие автономных систем навигации и внедрение алгоритмов автоматического анализа видеопотока, что позволит снизить влияние человеческого фактора. Применение беспилотных летательных аппаратов является важным направлением развития современной системы пожарной разведки. Их использование обеспечивает оперативное получение достоверной информации, повышает эффективность управления силами и снижает риск для личного состава. Дальнейшее совершенствование технологий дистанционного мониторинга и интеграция интеллектуальных систем обработки данных создают предпосылки для формирования комплексной цифровой системы управления ликвидацией крупных пожаров.

Список источников

1. Austin R. Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment. — Wiley, 2010. Книга Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Методы и модели и методы обработки изображений.
2. Теребнев В.В., Артемьев Н.С., Грачев В.А. Справочник пожарного – спасателя. Изд-во «Центр пропаганды», М 2006-526.

Омак Буянович Суге-Маадыр

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (sugemaadyromak05@gmail.com.)

Александр Михайлович Новиков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (a.novicov@academygps.ru, SPIN 2784-0758, ID: 1123859)

Степные пожары, их последствия и тушение

Аннотация. В статье рассматривается проблема степных пожаров как одного из наиболее разрушительных факторов, влияющих на экосистему и хозяйственную деятельность человек, а также принятие тактических решений сотрудниками пожарной службы в экстремальных условиях. Особое внимание уделяется анализу последствий степных пожаров, включающих деградацию почвенного покрова вследствие выгорания гумуса, а также значительный экономический ущерб от уничтожения пастбищных угодий и угрозы населенным пунктам. В работе описываются современные методы и технологии тушения, учитывающие специфику степной местности, характеризующейся высокой скоростью распространения огня и отсутствием естественных преград. Основной вывод исследования заключается в необходимости внедрения комплексного подхода, сочетающего системы раннего обнаружения возгораний с профилактическими мерами, включающими контролируемый выпас скота и на уровне Государственной Думы принят закон, регламентирующий порядок выжигания сухой травы.

Ключевые слова: принятие решений, экономический ущерб, профилактические меры, тактические решения.

Omak B.Suge-Maadyr

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Aleksandr M. Novikov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Steppe fires, their consequences and extinguishing

Abstract. The article examines the problem of steppe fires as one of the most destructive factors affecting the ecosystem and human economic activity, as well as tactical decision-making by fire service personnel in extreme conditions. Special attention is paid to the analysis of the consequences of steppe fires, including the degradation of the soil cover due to the burning of humus, as well as significant economic damage from the destruction of pasture lands and threats to human settlements. The paper describes modern extinguishing methods and technologies that take into account the specifics of the steppe area, characterized by a high rate of fire spread and the absence of natural barriers. The main conclusion of the study is the need to implement an integrated approach combining early fire detection systems with preventive measures, including controlled grazing, and a law regulating the procedure for burning dry grass has been adopted at the State Duma level.

Keywords: decision-making, economic damage, preventive measures, tactical decisions.

В Туве 1 сентября 2007 г. произошел крупный степной пожар, который вплотную подошел к столице республики – Кызылу – и поселку Каа-Хем. По сообщению пресс-секретаря Главного управления МЧС по Республике Тыва, к вечеру этого дня крупный степной пожар, в периметре достигавший 50 км, находился в нескольких километрах от Кызыльского микрорайона Спутник. За ночь угроза возгорания жилых домов и других

строений города и его пригородов, где проживают более 115 тыс. человек, была ликвидирована. Для этого пришлось создать оперативный штаб по ликвидации пожара, во главе с президентом республики. По тревоге были подняты все подразделения МЧС, МВД, Кызыльского погранотряда, сотрудники аппарата правительства Тувы и мэрии города. К тушению огня была привлечена техника дорожных организаций, Каа-Хемского угольного разреза и других предприятий. Пожар удалось потушить. Но из-за сухой жаркой погоды в последующие дни новые очаги огня площадью в сотни га многократно возникали в лесах и степях Пий-Хемского, Каа-Хемского и Тандинского районов [1].

Скорость распространения степных пожаров критически возрастает благодаря явлению, известному как «пятнистый» перенос огня. Это процесс, при котором сильный ветер подхватывает горящие искры и головни, перебрасывая их на значительные расстояния и создавая новые очаги возгорания. Для надежной защиты жилых массивов и инфраструктуры от такой угрозы рекомендуется проводить профилактическое опаживание периметра населенных пунктов ранней весной. Технические требования к защитной полосе включают ширину от 12 до 15 метров, при этом отступ от границ застройки должен составлять не менее 100-150 метров.

Система борьбы со степными пожарами включает два взаимосвязанных направления: профилактику (создание условий, исключающих возникновение и распространение огня) и тактику тушения.

Тактические методы:

Прямой: Локализация огня путем тушения кромки или создания полосы непосредственно у границы пожара.

Косвенный (упреждающий): Создание заградительной полосы на удалении от кромки.

Способы сосредоточения сил:

Одновременная атака по всему периметру (при достаточных силах).

Атака с фронта (с последующим продвижением).

Атака с флангов с постепенным выходом на фронт (при нехватке ресурсов).

Необходимые условия успеха:

— Ключевым фактором является принятие федерального закона, регламентирующего выжигание сухой травы, определяющего зоны ответственности и наказания за переход огня на леса и населенные пункты. На его основе региональные власти должны утвердить и популяризировать среди населения правила пожарной безопасности и поведения при ЧС.

— Для обеспечения успешного тушения степных пожаров на уровне населенных пунктов необходимо выполнить следующие организационно-технические мероприятия:

— Адресное оснащение: разработать и закрепить на каждом жилом доме таблички с перечнем первичных средств пожаротушения, которые обязаны иметь при себе жильцы, выдвигающиеся к месту пожара.

— Круглосуточное оповещение: создать систему экстренного информирования граждан о месте возгорания и порядке действий в любое время суток.

— Создание ресурсной базы: организовать при местных предприятиях и фермерских хозяйствах специализированные пункты хранения пожарной техники и сбора населения для ее оперативного использования.

— Комплексная подготовка к пожароопасному сезону требует реализации ряда первоочередных мер на муниципальном и региональном уровне:

— Нормативное регулирование застройки: разработать и внедрить нормативы, устанавливающие безопасные противопожарные разрывы между жилыми домами и иными строениями. Данные требования должны в обязательном порядке учитываться при планировании новой застройки населенных пунктов.

— Развитие добровольчества: создать на территориях добровольные пожарные дружины, обеспечить их исправной техникой (мотопомпами, бывшими в употреблении

автоцистернами). Для поддержания мотивации добровольцев разработать систему ежегодных стимулирующих льгот.

— Обучение и взаимодействие: организовать на регулярной основе (не реже двух раз в год) проведение сотрудниками МЧС пожарно-тактических учений с личным составом добровольных дружин.

— Межведомственное взаимодействие: заранее разработать планы оперативного привлечения техники, имеющейся в распоряжении предприятий и хозяйств (в том числе приспособленной для целей пожаротушения), на случай возникновения чрезвычайной ситуации районного или местного масштаба [2].

— Защита населения: Подготовить и утвердить планы экстренной эвакуации жителей населенных пунктов, попадающих в зону воздействия опасных факторов пожара.

— Сохранение лесов: рассмотреть вопрос о восстановлении института лесников как должностных лиц, непосредственно отвечающих за охрану лесных массивов.

Реализация данного комплекса подготовительных мероприятий создает условия для минимизации материального ущерба и сохранения жизни людей при степных и лесных пожарах.

Список источников

1. Артемьев Н.С., Подгрушный А.В., Трифонов Н.Я., Григорьев А.Н. Пожарная тактика. Задачник. М., АГПС МЧС России, 2012 т- 322с.
2. Терехнев В.В., Артемьев Н.С., Грачев В.А. Справочник пожарного – спасателя. Изд-во «Центр пропаганды», М, 2006-526.

УДК 614.842.8
ББК 38.96

Иван Андреевич Бурмистров

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (burmi5trov.iv@yandex.ru)

Владислав Булатович Габдуллин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (V.Gabdullin@academygps.ru, SPIN 7332-5899, ID: 1058451)

Иван Михайлович Кузовков

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (I.Kuzovkov@academygps.ru, SPIN 1657-6765, ID: 1136238)

Леон Александрович Ифтоди

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (L.Iftodi@academygps.ru, SPIN 3854-9037, ID: 770156)

Александр Викторович Харитонов

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (A.Haritonov@academygps.ru, SPIN 7005-6857, ID: 1177489)

**Применение междисциплинарных методов в обучении по дисциплине пожарная-
строевая подготовка**

Аннотация. В статье рассматривается роль пожарно-строевой подготовки (ПСП) как фундаментальной основы профессионального мастерства личного состава пожарной охраны. Особое внимание уделяется внедрению междисциплинарного подхода в образовательный процесс, который позволяет преодолеть узкую направленность простой отработки нормативов. Автор подробно анализирует интеграцию ПСП с пожарной тактикой, профилактикой, психологической подготовкой, газодымозащитной службой (ГДЗС) и аварийно-спасательными работами. На конкретных примерах показано, как синтез этих дисциплин трансформирует процесс обучения: от механического выполнения приемов к осознанным действиям в условиях, максимально приближенных к реальной обстановке на пожаре. Обосновывается, что такой подход способствует формированию у обучающихся не только устойчивых двигательных навыков, но и тактического мышления, стрессоустойчивости и способности к эффективной командной работе, что в конечном итоге повышает безопасность и результативность деятельности пожарных подразделений.

Ключевые слова: пожарно-строевая подготовка, междисциплинарные связи, методика обучения, пожарная тактика, газодымозащитная служба, психологическая подготовка, аварийно-спасательные работы, пожарно-техническое вооружение, профессиональные компетенции, безопасность труда, моделирование экстремальных ситуаций, нормативы.

Ivan A. Burmistrov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Vladislav B. Gabdullin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Ivan M. Kuzovkov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Leon A. Iftodi

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Alexander V. Haritonov

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Application of interdisciplinary methods in fire and combat training

Abstract. The article examines the role of fire-fighting drill training (FDT) as a fundamental basis for the professional skills of fire department personnel. Special attention is paid to the implementation of an interdisciplinary approach to the educational process, which allows to overcome the narrow focus of simple practice of standards. The author analyzes in detail the integration of FDT with fire tactics, prevention, psychological training, gas-smoke protection service (GDS), and emergency rescue operations. The article uses specific examples to show how the synthesis of these disciplines transforms the learning process: from mechanical execution of techniques to conscious actions in conditions that are as close as possible to the real fire situation. The article argues that this approach helps students develop not only stable motor skills, but also tactical thinking, stress resistance, and the ability to work effectively as a team, which ultimately improves the safety and effectiveness of their activities.

Keywords: firefighting training, interdisciplinary connections, teaching methods, fire tactics, gas and smoke protection service, psychological training, emergency rescue operations, firefighting equipment, professional competencies, occupational safety, modeling of extreme situations, and regulations.

Пожарно-строевая подготовка играет важную роль в пожарной охране. Она является ключевой и незаменимой. Это не просто один из видов обучения, а основа профессионального мастерства, безопасности и эффективности пожарных.

Если кратко, то ПСП — это система обучения и тренировок, направленная на выработку умений и навыков по применению пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования, отработку приемов работы на пожаре и слаженных действий в составе подразделения.

Применение междисциплинарных методов в обучении ПСП кардинально меняет подход к практическим занятиям, переводя их из разряда простых нормативов в область высокоэффективной, осознанной и безопасной деятельности.

Вот как различные пожарные дисциплины интегрируются в процесс обучения ПСП:

1. Пожарная тактика и ПСП.

Это самая тесная и очевидная связь. ПСП — это физическая основа для реализации тактических замыслов.

Применение: Отработка любого норматива (это может быть установка техники, развертывание сил и средств) происходит не сама по себе, а в контексте тактического сценария.

Пример: Не просто "подать ствол от автоцистерны", а "подать ствол на тушение условного пожара в здании, с учетом места условного возгорания". Обучающиеся понимают, зачем нужна именно такая скорость, именно такая длина рукавной линии.

Метод: Введение в тренировки элементов тактико-строевых занятий, где отрабатывается не только физическое действие, но и принятие решений.

2. Пожарная профилактика и ПСП.

Знание правил противопожарного режима и устройства зданий напрямую влияет на эффективность действий.

Применение:

- Изучение нормативов по вскрытию конструкций (дверей, кровли) сопровождается анализом: типов замков и дверей: Какие лучше вскрывать ломом, а какие — резак.

- Планировки зданий: где и с высокой вероятностью могут находиться люди, куда может распространиться огонь, что влияет на скорость и направление развертывания.

- Расположения противопожарных преград: понимание, где находится противопожарная дверь, помогает принять решение, стоит ли ее вскрывать или она сдерживает огонь.

3. Психологическая подготовка пожарных и ПСП.

Работа в СИЗОД, в условиях сильного шума, плохой видимости и стресса требует особого психологического состояния.

Применение: формирование "помехоустойчивости": Отработка нормативов в условиях имитации реальной обстановки (задымление, световые шумовые эффекты, крики).

Командная сплоченность: ПСП — это практически всегда работа в звене. Междисциплинарный подход включает тренировки на доверие, отработку невербальной коммуникации (знаки руками, толчки ногой), когда из-за шума и работы СИЗОД невозможно услышать друг друга.

Управление стрессом: Дыхательные техники и ментальная подготовка перед выполнением сложного норматива (например, подъем по штурмовой лестнице) для снижения паники и четкости действий.

4. Аварийно-спасательная подготовка и ПСП.

Многие навыки ПСП являются базой для проведения спасательных работ.

Применение: Использование оборудования: Работа с гидравлическим аварийно-спасательным инструментом (ГАСИ) требует такой же четкости и слаженности, как и работа со стволом или рукавами.

Совмещенные нормативы: Отработка комплекса "подача ствола + эвакуация пострадавшего". Это учит распределять внимание и силы, работать одновременно на тушение и спасение.

Поисково-спасательные работы: Техника быстрого и безопасного перемещения в задымленном помещении, отрабатываемая на ПСП, напрямую применяется при поиске людей.

5. ГДЗС и ПСП.

Это неразрывная связь, так как большинство работ на пожаре проводится в СИЗОД.

Применение: Отработка всех нормативов в СИЗОД: Это ключевое правило. Скорость и качество работы в аппарате на сжатом воздухе — главный показатель.

Контроль давления воздуха: Формирование навыка постоянного контроля давления в баллоне и расчета рабочего времени звена ГДЗС прямо во время выполнения упражнения.

Практический пример междисциплинарного подхода:

Упражнение: "Развертывание от автоцистерны с подачей ствола "А" на 3-й этаж учебной башни".

1. Тактика: объясняется, в каком случае применяется такая схема (например, тушение в здании с поэтажной планировкой).

2. Пожарная профилактика: Обучающиеся изучают план здания, чтобы определить оптимальное место для установки автоцистерны и расположение ближайших пожарных гидрантов.

3. ГДЗС: Все действия выполняются в СИЗОД. Рассчитывается необходимое давление воздуха для выполнения задачи.

4. Аварийно-спасательная подготовка: отрабатывается элемент эвакуации условного пострадавшего с этажа одновременно с работой ствольщика.

5. Психологическая подготовка: вводятся усложняющие факторы: "имитация задымления", "отказ связи", требующие от звена слаженности и самостоятельного принятия решений.

Внедрение междисциплинарных методов превращает пожарно-строевую подготовку из натаскивания на нормативы в глубокий, осознанный процесс подготовки специалиста, который не просто механически выполняет приемы, а понимает их суть, контролирует свое состояние и способен принимать оптимальные решения в экстремальных условиях. Это прямой путь к повышению профессионального уровня службы и снижению риска для жизни и здоровья пожарных.

ЗАЧЕМ они выполняют то или иное действие (тактика).

КАК это сделать максимально эффективно и безопасно (ПСП, ГДЗС).

С ЧЕМ они имеют дело (пожарная профилактика, автоматика).

КАК действовать в условиях стресса и при спасении людей (психология, аварийно-спасательная подготовка).

Список источников

1. Чистов, П. В. Пожарно-строевая подготовка : учебное пособие / П. В. Чистов, Б. Б. Гринченко, Д. Н. Шалявин, Р. М. Шипилов. — Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025;
2. Вахлеев, А. В. Пожарно-строевая подготовка : учебно-методическое пособие / А. В. Вахлеев, А. Н. Зубарев, Ю. В. Кисаретов. — Железногорск : Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017.

Александр Владимирович Смагин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»,
Москва, Россия (smaginav@inbox.ru, SPIN 2606-6984, ID: 579860)

Александра Сергеевна Молявка

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России»,
Москва, Россия (sashamolyavka@yandex.ru)

Оценка тактических возможностей сил газодымозащитной службы при спасении людей при пожаре в общежитии

Аннотация. Общежитие характеризуется высокой плотностью проживающих людей. Состояние пожарной безопасности таких объектов, порой, оставляет желать лучшего. Существуют проблемы с проведением противопожарных тренировок в общежитиях. При возникновении пожара могут возникать проблемы с эвакуацией, приводящие к блокированию людей в здании. Действия пожарно-спасательных подразделений будут являться залогом сохранения жизней людей при пожаре. В статье проведены расчёты и аналитическая работа по оценке тактических возможностей пожарно-спасательного гарнизона по спасению большого количества людей при пожаре в общежитии. Сделаны соответствующие выводы и рекомендации.

Ключевые слова: звено газодымозащитной службы, спасательная операция, пожар, спасение, общежитие

Alexander V. Smagin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Alexandra S. Molyavka

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Assessment of the tactical capabilities of the gas and smoke protection service when rescuing people in a dormitory fire

Abstract. Dormitories are characterized by a high density of people living there. The fire safety of such facilities sometimes leaves much to be desired. There are problems with conducting fire drills in dormitories. In the event of a fire, there may be problems with evacuation, leading to the blocking of people in the building. The actions of fire and rescue units will be the key to saving people's lives in a fire. The article provides calculations and analytical work on assessing the tactical capabilities of a fire and rescue garrison to rescue a large number of people in a dormitory fire. The corresponding conclusions and recommendations are made.

Keywords: gas and smoke protection service unit, rescue operation, fire, rescue, dormitory

Общежитие – это объект, который для большинства граждан является временным жильем. Встречаются общежития, где проживают работники предприятий, обучающиеся в учебных заведениях, реже можно встретить общежития общего пользования.

В любом случае, плотность проживающих граждан в общежитии, как правило, гораздо больше, нежели в обычном жилом доме, схожем по геометрии. Данное обстоятельство основано на том, что в общежитии находятся жилые комнаты малой площади, в каждой из которых проживает 2-4 человека: например, если в квартире жилого дома площадью 40 м² проживает 3 человека, то в общежитии 3 человека проживают на площади 12-15 м².

Анализ состояния пожарной безопасности общежитий показал, что в них имеется немало нарушений требований пожарной безопасности^{1,2,3}, среди которых: размещение на путях эвакуации различных предметов (коляски, санки, мебель и т.д.), закрытое состояние дверей запасных выходов, неисправность пожарной автоматики, отсутствие (или формальное) проведения противопожарных тренировок.

Все эти обстоятельства указывают на то, что при возникновении пожара в общежитии может формироваться ситуация, когда проживающие люди окажутся заблокированы на своем этаже из-за не эвакуации или поздней эвакуации.

Следовательно, решение складывающейся проблемы возлагается на пожарно-спасательные подразделения^{4,5}.

Анализ планов тушения пожаров на общежития показал, что эти документы составлены формально: решаются вопросы пожаротушения по разным сценариям, а процесс спасения людей не рассматривается вовсе или рассматривается по очень благоприятному сценарию, то есть проблем не усматривается - пожарно-спасательные подразделения способны решать любые задачи при пожаре в общежитии.

Целью работы является оценка тактических возможностей пожарно-спасательного гарнизона при проведении спасательной операции людей при пожаре в общежитии.

Для реализации на практике поставленной цели решим конкретную задачу на примере общежития ГБПОУ КО «Кировский индустриально - педагогический колледж» им. А.П. Чурилина (общежитие), расположено по адресу: г. Киров, ул. Чернышевского, 1 «А», расположенного в Калужской области.

Анализируя характеристику Кировского пожарно-спасательного гарнизона следует:

- 1) при возникновении пожара в общежитии будут направлены одна автолестница АЛ-30 и две АЦ-40 пожарно-спасательной части № 40 (ПСЧ-40) г. Кирова (Калужской области);
- 2) на дежурные сутки в ПСЧ-40 заступает 5 газодымозащитников, оснащенных однобаллонами дыхательными аппаратами со сжатым воздухом (ДАСВ) ПТС «Профи»-М;

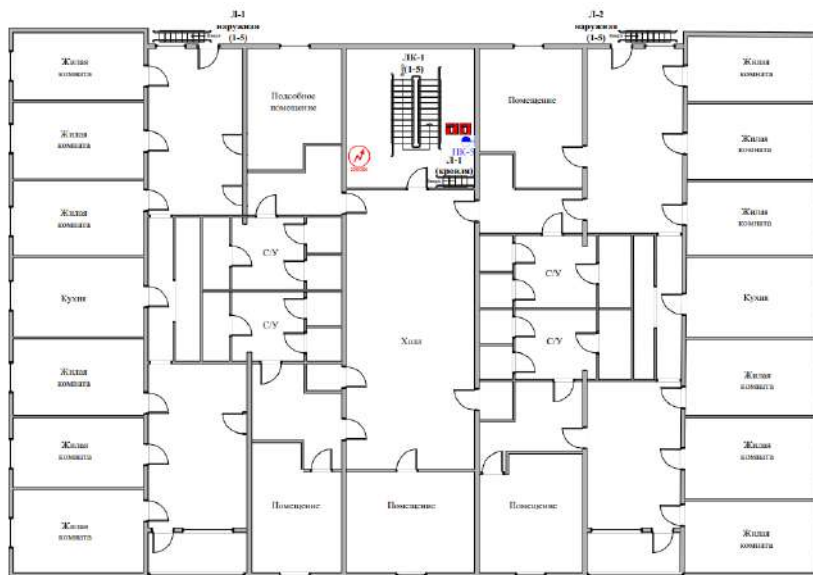


Рисунок – Схема помещений на 5-м этаже общежития

¹ Федеральный закон РФ от 21.12.1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».

² Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

³ Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 г. № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации».

⁴ Приказ МЧС России от 16.09.2024 г. № 777 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».

⁵ Приказ МЧС России от 27.06.2022 г. № 640 «Об утверждении Правил использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения личным составом подразделений пожарной охраны».

3) всего в ПСЧ-40 по штату имеется: 33 газодымозащитника; ПТС «Профи»-М – 18 шт.; воздушных баллонов – 40 шт. (исправных, заправленных воздухом); база газодымозащитной службы (ГДЗС).

Характеристики общежития:

1) здание 5-ти этажное, 2 степени огнестойкости, на этаже имеется одна основная эвакуационная лестница (типа Л1)¹, незадымляемых лестничных клеток и пожаробезопасных зон в здании нет;

2) общежитие рассчитано на проживание 120 человек, размещаемых на 2-5 этажах, 1-й этаж нежилой;

3) на каждом жилом этаже (2-5) проживает по 30 человек.

Для проведения расчетов примем следующую легенду:

1) пожар в общежитии начинается ночью, системы пожарной автоматики не сработали (или сработали, но не выполнили свою задачу);

2) эвакуация 30 проживающих на 5 этаже не начиналась (или началась поздно) в результате чего все они оказались заблокированными в своих комнатах из-за распространения опасных факторов пожара (ОФП);

3) прибывшая к месту пожара АЛ-30 ПСЧ-40 не может быть применена из-за большого объема снега и других причин (растущие деревья, газоны, заборы, припаркованные автомобили и т.д.);

4) спасательная операция организуется руководителем тушения пожара (РТП) силами ГДЗС. Требования пп. 28 и 29⁵ в гарнизоне выполняются. Все заблокированные люди на 5-м этаже могут передвигаться самостоятельно. Для их спасения газодымозащитники вынуждены применять спасательное устройство, входящее в комплект ДАСВ (СУ ДАСВ).

Проведем оценку спасательного потенциала рассматриваемого гарнизона с позиции полного соблюдения соответствующих норм.

1. Организация ГДЗС на пожаре: создаем одно боевое звено из 2-х газодымозащитников, одно резервное звено из 2-х газодымозащитников, выставляем 1-го газодымозащитника на пост безопасности ГДЗС⁵.

2. Расчёт параметров работы сил ГДЗС при спасении людей.

Воспользовавшись методикой расчёта [1, 2], получаем, что:

- затраты воздуха из баллонов ДАСВ на выполнение одного цикла спасения по маршруту «пост безопасности ГДЗС (улица) - 5-й этаж – пост безопасности ГДЗС (улица)» составит 76 кгс/см²;

- время на выполнение одного цикла спасения по маршруту «пост безопасности ГДЗС (улица) - 5-й этаж – пост безопасности ГДЗС (улица)» составит 8,57 мин.;

- на одной заправке воздуха в баллоне ДАСВ газодымозащитник способен сделать 3 цикла спасения, если не учитывать требования безопасности в лице работы постового поста безопасности ГДЗС. Если учитывать эти требования, то без риска для газодымозащитника возможно сделать только 2 цикла спасения, после чего необходимо заменить пустой воздушный баллон ДАСВ на заправленный.

3. Оценка спасательного потенциала имеющихся на пожаре сил ГДЗС:

- за один цикл спасения 2 газодымозащитника из боевого звена способны вывести на свежий воздух 2 пострадавших с 5-го этажа, за 2 цикла спасения - 4 пострадавших;

- израсходовав воздух в баллонах ДАСВ, боевое звено встает в резерв для замены баллонов (см. п. 29⁵), а бывшее резервное звено становится боевым и делает 2 цикла спасения, выводя с 5-го этажа еще 4 пострадавших;

- имея в АЦ резервные баллоны вышеописанный алгоритм работы звеньев ГДЗС можно повторить, что позволит в общей сумме спасти 16 пострадавших;

- если в двух АЦ-40, прибывающих к месту пожара, имеются резервные ДАСВ (см. п. 28⁵) и они укомплектованы заправленными воздушными баллонами, то соблюдая требования

¹ Приказ МЧС России от 19.03.2020 г. № 194 «Об утверждении свода правил СП 1.13130 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы».

норм можно организовать работу боевого звена из двух газодымозащитников, что позволит спасти еще 4 пострадавших или в сумме 20 человек, а затраты времени составят порядка 86 минут, что недопустимо относительно развития пожара с точки зрения динамики ОФП.

Для спасения оставшихся 10 пострадавших необходимо не менее 6-ти воздушных баллонов, которые требуется доставить к месту пожара с базы ГДЗС ПСЧ-40.

Проведем оценку спасательного потенциала рассматриваемого гарнизона с позиции действий РТП в условиях крайней необходимости (см. ст. 22 [1]), когда он вынужден пренебрегать всеми требованиями норм⁵.

1. Организация ГДЗС на пожаре: к месту пожара прибыло 5 газодымозащитников и все они направлены на спасение людей на 5-й этаж.

2. Расчёт параметров работы сил ГДЗС при спасении людей. Воспользовавшись методикой расчёта, получаем, что:

- затраты воздуха из баллонов ДАСВ на выполнение одного цикла спасения по маршруту «пост безопасности ГДЗС (улица) - 5-й этаж – пост безопасности ГДЗС (улица)» составит 76 кгс/см²;

- время на выполнение одного цикла спасения по маршруту «пост безопасности ГДЗС (улица) - 5-й этаж – пост безопасности ГДЗС (улица)» составит 8,57 мин.;

- на одной заправке воздуха в баллоне ДАСВ газодымозащитник способен сделать 3 цикла спасения, если не учитывать требования безопасности в лице работы постового поста безопасности ГДЗС.

3. Оценка спасательного потенциала имеющихся на пожаре сил ГДЗС:

- за один цикл спасения 5 газодымозащитников способны вывести на свежий воздух 5 пострадавших с 5-го этажа, за 3 цикла спасения - 15 пострадавших;

- израсходовав воздух в баллонах ДАСВ, газодымозащитники меняют пустые баллоны на заправленные и выполняют ещё 3 цикла спасения (см. п. 29⁵), выводя оставшихся на этаже 15 пострадавших. Общее время спасательной операции 30 пострадавших составит 55 минут (с учетом 3 минут времени на замену воздушных баллонов ДАСВ).

Из данного сценария организации боевых действий по спасению людей на пожаре следует, что имеющихся сил ГДЗС достаточно для спасения всех пострадавших с 5-го этажа, дополнительных сил ГДЗС и средств не требуется.

Данный вывод безоснователен – ошибочен, если:

- спасательную операцию людей необходимо проводить в достаточно короткое время из-за стремительного распространения ОФП по общежитию;

- имеется потребность в проведении разведки силами ГДЗС хотя бы 4-го этажа общежития;

- имеется потребность в спасении людей не только с 5-го этажа, но и, например с 4-го.

Проведенные расчёты и аналитическая работа по принятому сценарию отчетливо показывают, что у пожарно-спасательного гарнизона могут возникнуть серьезные проблемы при ведении боевых действий, а это требует разработки превентивных мер еще на стадии планирования этих действий.

Следовательно, у РТП на вооружении должны быть следующие тактические решения:

1) оперативное привлечение к месту пожара газодымозащитников в полном оснащении, свободных от несения службы;

2) применение АЛ-30: установка лестницы в окно любой из комнат на 5-м этаже, куда газодымозащитники из разных комнат этажа приводят пострадавших, что позволит сократить время спасения, тем самым повысить спасательный потенциал сил ГДЗС;

3) вывод пострадавших с 5-го этажа на 4-й (или 3-й этаж) – этаж, где по разным оценкам минимум ОФП и нет угрозы людям. На этом 4-м этаже с пострадавших снимается СУ ДАСВ и далее они передаются в руки пожарных, сопровождающих их на улицу. Газодымозащитники с 4-го этажа поднимаются на 5-й этаж за новой партией пострадавших.

В данной работе показан подход к оценке тактических возможностей сил ГДЗС при спасении людей на объекте защиты. Рассмотрены два основных варианта к такому подходу:

спасение людей в полном соответствии с нормами⁵ и действия РТП в условиях крайней необходимости. Отдельно отметим, что еще на этапе планирования боевых действий выявлена проблема, которую можно решить до того, как она воплотится в жизнь, в результате чего могут погибнуть люди, а действиям РТП будет дана правовая оценка соответствующими органами.

С одной стороны, расчётом и аналитикой показано и доказано формирование ситуации, когда РТП вынужден действовать в условиях крайней необходимости. С другой – если проблема выявлена и приняты превентивные меры по недопущению её формирования на практике, то о какой крайней необходимости может идти речь?

Ключевой проблемой в пожарно-спасательных гарнизонах является то, что подобных, как в этой работе, оценок не проводится, а потребности в разработке документов оперативного планирования теперь не существует [4]. Следовательно, возникающие на месте пожара проблемы РТП вынужден решать в ограниченное время и, как правило, в стрессовой ситуации, что порождает ошибки.

Список источников

1. Коршунов И.В., Смагин А.В., Тербнев В.В., Муратов Ю.В.. Методика оценки оперативно-тактических возможностей звеньев ГДЗС при проведении спасательной операции людей / Материалы 8-й Международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». С. 93-97.
2. Коршунов И. В., Смагин А. В., Тербнев В. В., Ластовецкий М. С. Оценка тактических возможностей сил газодымозащитной службы при спасении людей в учебных заведениях. Материалы IX международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». – М.: АГПС МЧС России, 2024 г. С. 105-110.
3. Коршунов И.В., Смагин А.В., Тербнев В.В., Бондаренко М.В., Фроленков С.В. Организация работы сил газодымозащитной службы в документах оперативного планирования боевых действий на пожаре // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2025. № 1. С. 65-73.
4. Тербнев В.В., Коршунов И.В., Смагин А.В., Андреев Д.В. Подготовка газодымозащитника: Учебное пособие. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2022. – 466 с.

УДК 331.452:331.453
ББК 33.18

Александр Владимирович Смагин

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (A.Smagin@academygps.ru, SPIN 2606-6984, ID: 579860)

Денис Владиславович Андреев

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (D.Andreev@academygps.ru, SPIN1499-1041, ID: 760773)

Софья Евгеньевна Любимова

ФГБОУ ВО «Академия Государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (vidrevich.sofya@gmail.com)

Особенности проведения спасательной операции детей с помощью средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения при пожаре в детском саду

Аннотация. Спасение детей при пожаре в здании детского сада, как правило, несет в себя ряд сложностей. Пожарно-спасательные подразделения, спасающие детей, не всегда могут оперативно выполнить задачу. Внедрение в нормы требований об оснащении воспитанников детских садов и персонала фильтрующими самоспасателями, при должной практической подготовке, позволит минимизировать возможные проблемы при возникновении пожаров.

Ключевые слова: звено газодымозащитной службы, спасательная операция, пожар, спасение, детский сад, самоспасатель

Alexander V. Smagin

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Denis V. Andreev

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Sofya E. Lyubigova

State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, Russia

Features of conducting a rescue operation of children using personal protective equipment for the respiratory system and vision in a fire in a kindergarten

Abstract. The rescue of children in a fire in a kindergarten building, as a rule, carries a number of difficulties. Fire and rescue units that rescue children are not always able to promptly carry out the task. The introduction of requirements for the equipment of kindergarten students and staff with filtering self-rescuers, with due practical training, will minimize possible problems in the event of fires.

Keywords: gas and smoke protection service, rescue operation, fire, rescue, kindergarten, self-rescuer

Возникновение пожара в здании детского сада нельзя назвать рядовым событием. При данном событии проверку на профессиональную компетентность проходят все участники этого процесса: персонал детского сада и участники тушения пожара – пожарно-спасательные подразделения

Весь процесс действий людей при пожаре в здании детского сада можно разделить на 2 части: первая – первичные действия персонала детского сада; вторая – действия прибывших к месту пожара пожарно-спасательных подразделений.

Рассмотрим первую часть этого процесса - первичные действия персонала детского сада. Очевидно, что при срабатывании в здании детского сада системы оповещения людей о

пожаре воспитатель, согласно соответствующей инструкции, обязан максимально быстро эвакуировать детей в безопасную зону. Практика показывает, что в реальности это сделать не так быстро, особенно в ситуации, когда пожар происходит зимой, на улице мороз, воспитанники – дети, например, 4-х лет, которые спят в тихий час в нижнем белье. Следовательно, воспитатель этой группы обязана оперативно разбудить каждого ребенка, подготовить к началу эвакуации и начать её. В принципе, достаточно понятный процесс, но отметим, что детям для выхода на улицу может понадобиться хоть какая-то одежда, а эвакуация по коридору и далее на лестницу, чтобы выйти наружу, потребует сбора группы детей, например, в колонну для начала движения. Все эти обстоятельства говорят о том, что при стремительном развитии пожара и распространения при нём его опасных факторов, пути эвакуации могут оказаться заблокированными, как и дети с воспитателем в своей группе.

Рассмотрим вторую часть процесса – действия прибывших к месту пожара пожарно-спасательных подразделений. Существует множество способов спасения детей, заблокированных в здании детского сада, например, на 3-м этаже. Наличие множества способов – это достоинство (есть из чего выбрать) и недостаток одновременно (не понимая, какой из способов самый эффективный в той или иной ситуации, можно потратить драгоценное время на подбор нужного).

Организуя спасательную операцию детей в здании детского сада у руководителя тушения пожара (РТП) есть 2 ключевых способа ведения боевых действий:

- 1) работа внутри здания силами газодымозащитной службы (ГДЗС) [1, 2];
- 2) работа снаружи здания – спасение с помощью подъемных механизмов: ручные пожарные лестницы, автолестницы и коленчатые подъемники.

Как показали соответствующие исследования, наиболее эффективным способом спасения детей с 3-го этажа здания детского сада является схема, когда в одно окно этого этажа параллельно устанавливаются сразу же 2 выдвижные пожарные лестницы (ВПЛ): на первую ВПЛ поднимаются трое пожарных (по одному на колено) и закрепляются карабинами, на вторую ВПЛ поднимаются двое пожарных. Все пожарные относительно друг друга должны располагаться каскадом, то есть не параллельно. Процесс спасения организуется следующим способом: пожарный берет в группе на 3-м этаже ребенка и передает его за окно пожарному, стоящему на первой ВПЛ. Тот передает пожарному стоящему ниже на второй ВПЛ. Таким образом, ребенок спускается на землю «змейкой».

В данной статье авторами сделан акцент на организацию спасательной операции детей с помощью сил ГДЗС. Оценочные расчёты эффективности деятельности сил ГДЗС проведены на примере пожарно-спасательной части г. Кувандык Оренбургской области, где на дежурные сутки заступает не более 5 газодымозащитников.

Нетрудно понять, что при пожаре в детском саду перед любым газодымозащитником будет поставлена задача, состоящая из этапов: подняться по внутренней лестнице здания на 3-й этаж, по коридору дойти до игровой группы, где заблокированы дети, зайти в неё, надеть на ребенка спасательное устройство, входящее в комплект дыхательного аппарата со сжатым воздухом (ДАСВ) и вынести ребенка на улицу тем же маршрутом.

Предварительные расчёты по соответствующим методиками [3, 4] показывают, что на одной заправке воздуха один газодымозащитник способен выполнить не более трёх заходов в группу за детьми, следовательно, он может спасти не более трех детей. Пять одновременно работающих газодымозащитников на одной заправке воздуха в баллонах ДАСВ спасут только 15 детей. Таким образом, если на месте пожара имеются резервные баллоны ДАСВ, то спасательная операция, например, 30 детей и 2 взрослых, может осуществляться не менее 40 минут, что по мнению авторов статьи – очень долго (могут наступить трагические последствия).

Сделаем логическое замечание: если РТП применяет силы ГДЗС для спасения, значит есть угроза воздействия ОФП на органы дыхания и зрения людей. Следовательно, зайдя в игровую группу газодымозащитник не может взять в «охапку» несколько детей для спасения, так как при проходе через задымленные участки здания ребенок без средств защиты органов

дыхания и зрения может задохнуться. Таким образом, газодымозащитник вынужден применять спасательное устройство, входящее в комплект ДАСВ и способен за один заход вынести только одного ребенка. На основании вышеизложенного можно предположить, что спасение детей силами ГДЗС может привести к негативным последствиям.

Фильтрующий самоспасатель [5] с принудительной подачей воздуха «Шанс»-ПП (самоспасатель) является достаточно новой российской разработкой. Увы, эта модель является единственной в нашей стране, предназначенной для спасения детей в возрасте от 1,5 лет.



Рисунок 1 – Внешний вид фильтрующего самоспасателя «Шанс»-ПП.

Изучая характеристики данной модели видно, что это она защищает ребенка от воздействия токсичных продуктов горения не менее 30 минут и имеет множество других достоинств. К недостаткам данной модели отнесем то, что: без соответствующей подготовки ребенок сам не сможет надеть на себя такой самоспасатель, не сможет в нем никуда уйти. Если воспитатель при пожаре начнет сама надевать на каждого ребенка такой самоспасатель, то не трудно понять, что этот процесс займет много времени, которого при пожаре нет.

Предположим, что воспитатель и дети прошли соответствующую подготовку по применению самоспасателя и тогда при пожаре возможны следующие сценарии:

1 - эвакуация без применения самоспасателя, так как по оценке персонала на путях эвакуации не ощущается воздействия ОФП;

2 - эвакуация с применением самоспасателя, так как по оценке персонала на путях эвакуации ощущается воздействие ОФП: перед началом выхода из игровой группы все дети в самоспасателях и в сопровождении воспитателя самостоятельно в составе группы благополучно выходят на улицу даже при наличии задымления;

2.1 - эвакуация с применением самоспасателя, так как по оценке персонала на путях эвакуации ощущается воздействие ОФП: пока готовились к началу эвакуации – одевали самоспасатели все пути эвакуации заблокированы ОФП так, что их опасно преодолевать даже в самоспасателях;

3 - дети не эвакуированы из группы – заблокированы в ней, так как реализовался сценарий 2.1 (см выше), тогда:

а) газодымозащитник, зайдя в игровую группу, может попытаться совместно с воспитателем вывести организованно всех детей за один заход по путям эвакуации, если по оценке самого газодымозащитника это возможно;

б) газодымозащитник, зайдя в игровую группу, может не тратить время на надевание спасательного устройства из комплекта ДАСВ, а сразу начинать спасение ребенка, так как он уже в самоспасателе;

в) газодымозащитник, зайдя в игровую группу, может взять в «охапку» в свои руки несколько детей и вынести их.

Следовательно, все вышеперечисленные варианты а) – в) сокращают время спасательной операции, экономят воздух в баллоне ДАСВ, делают безопасным ожидание ребенком помощи от газодымозащитника.

Из вышесказанного следует, наличие самоспасателей у контингента детского сада при соответствующей подготовке – это достоинство и польза.

Следовательно, для того чтобы самоспасатель был эффективен при пожаре должна проводиться специальная подготовка не только воспитателей, но и детей.

Такая подготовка должна решать следующие задачи:

- блок 1 - устранение (минимизация) страха при эвакуации;
- блок 2 - высокая скорость действий контингента объекта при эвакуации;
- блок 3 - устранение (минимизация) страха при спасении пожарными.

Реализация на практике данных задач и с учетом специфики контингента детских садов, возможна лишь в игровой форме.

Подготовка контингента детского сада по блоку 1.

В этом блоке целесообразно научить (стремиться научить) ребенка быстро реагировать на сигнал воспитателя. Сигнал воспитателя, подаваемый им при пожаре, заранее установленная условность. При этом сигнале, например, в тихий час, ребенок должен максимально быстро проснуться, исключая истерику от недосыпания, быстро одеться (перечень надеваемой одежды может быть установлен заранее). Такую тренировку можно проводить каждый день по окончании тихого часа, другими словами – заканчивать тихий час такой тренировкой.

Подготовка контингента детского сада по блоку 2.

В этом блоке целесообразно научить (стремиться научить) ребенка собираться в группу (в строй), зная в нём своё место; умение ходить по коридору и лестнице в составе этой группы; обращать внимание на отсутствующего рядом товарища и сообщать об этом воспитателю; обращать внимание на внешний вид товарища (развязанные шнурки, расстёгнутая обувь и т.д.) и сообщать об этом воспитателю. Такую тренировку можно проводить дважды в день, когда дети выводятся на прогулку на улицу, то есть перед прогулкой воспитателем подается команда и дети в раздевалке быстро одеваются и затем строятся в колонну, занимая строго своё место. Разумеется, перед такой тренировкой могут отрабатываться отдельные элементы, например, одевание отдельных вещей из одежды.

Подготовка контингента детского сада по блоку 3.

В этом блоке целесообразно научить (стремиться научить) ребенка не бояться пожарных, в том числе находящихся включенными в ДАСВ. Знакомство с самоспасателями: распаковка изделия, внешний вид, правильность надевания, умение передвигаться в самоспасателе индивидуально и в составе группы. Для достижения такой цели разумно установить такой самоспасатель в группе, чтобы он был постоянно на виду.

Как отмечено выше, все тренировки должны проводиться только в игровой форме, а сложность выполняемых упражнений зависит от возраста детей. Например, если ребенку 2 года, то научить его ходить по коридору в самоспасателе невозможно, а научить его не бояться пожарного и самого самоспасателя достаточно просто. Ребенок 6-ти лет вполне способен освоить все упражнения.

Для тренировок должны применяться учебные модели самоспасателей.

С целью устранения страха у ребенка при применении самоспасателя очень разумно изготавливать их корпуса, раскрашенные в образы героев популярных мультфильмов, что уже рекомендовано производителю. Имея самоспасатели с разными образами героев

мультфильмов ребенку будет гораздо интереснее осваивать упражнения, постепенно снижая страх и волнение при его применении.

Для реализации тренировочного процесса по применению самоспасателей в детских садах целесообразно разрабатывать комплекс упражнений, который может быть разработан в самом детском саду, также такой комплекс разработан на кафедре пожарно-строевой и газодымозащитной подготовки Академии ГПС МЧС России.

Выводы по работе.

1. Фильтрующий самоспасатель с принудительной подачей воздуха эффективное средство защиты ребенка при пожаре.

2. Наличие в детских садах таких самоспасателей и при наличии должной подготовки повысит безопасность контингента таких объектов.

3. Для реализации на практике предыдущего вывода целесообразно внести соответствующие требования в нормативно-правовые акты.

4. Тренировочный процесс подготовки контингента детских садов – сложен и многогранен, при котором должны учитываться все особенности объекта защиты.

5. Применение сил ГДЗС для спасения людей в детском саду малоэффективно.

6. Наилучшим способом спасения детей при пожаре в детском саду является параллельная установка в одно окно двух выдвижных пожарных лестниц.

Список источников

1. Коршунов И.В., Смагин А.В., Тербнев В.В., Бондаренко М.В., Фроленков С.В. Организация работы сил газодымозащитной службы в документах оперативного планирования боевых действий на пожаре // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2025. № 1. С. 65-73.

2. Тербнев В.В., Коршунов И.В., Смагин А.В., Андреев Д.В. Подготовка газодымозащитника: Учебное пособие. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2022. – 466 с.

3. Коршунов И.В., Смагин А.В., Тербнев В.В., Муратов Ю.В.. Методика оценки оперативно-тактических возможностей звеньев ГДЗС при проведении спасательной операции людей / Материалы 8-й Международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». С. 93-97.

4. Коршунов И. В., Смагин А. В., Тербнев В. В., Ластовецкий М. С. Оценка тактических возможностей сил газодымозащитной службы при спасении людей в учебных заведениях. Материалы IX международной научно-практической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». – М.: АГПС МЧС России, 2024 г. С. 105-110.

Дмитрий Александрович Гуляев

ФГКОУ ВО «Донецкий институт ГПС МЧС России», Донецк, Россия
(dimitry.guliaew@yandex.ru)

Николай Владимирович Шевцов

ФГКОУ ВО «Донецкий институт ГПС МЧС России», Донецк, Россия
(sergey.Karpov54321@gmail.com)

Воспитание молодых спасателей и укрепление спасательного дела на территории новых регионов Российской Федерации

Аннотация. В статье рассматривается интеграция новых регионов в систему МЧС России, акцентируя внимание на формировании кадрового резерва и патриотическом воспитании молодежи. Анализируются существующие практики подготовки (кадетские классы, дружины юных пожарных). Обосновывается необходимость создания единого кадетского корпуса спасательного ведомства на новых территориях. Предлагается город Мариуполь или Мелитополь, как основы для системного укрепления спасательного дела и профессионального роста будущих сотрудников. Создание сети кадетских корпусов – это инвестиции в будущее страны, в формирование поколения защитников, готовых в любую минуту прийти на помощь людям в сложных ситуациях.

Ключевые слова: кадетский корпус, дружины юных пожарных, кадровый резерв, патриотическое воспитание, новые территории, подготовка спасателей.

Dmitry A. Gulyaev

Donetsk Institute of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Donetsk, Russia

Nikolay V. Shevtsov

Donetsk Institute of State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Donetsk, Russia

Training young rescuers and strengthening rescue operations in the new regions

Abstract. The article examines the integration of the new regions into the system of the Russian Ministry of Emergency Situations (EMERCOM), focusing on the formation of a personnel reserve and the patriotic education of youth. It analyzes existing training practices (cadet classes, young firefighters' squads). The study substantiates the need to establish a unified cadet corps of the rescue service in the new territories. The cities of Mariupol or Melitopol are proposed as a foundation for the systematic strengthening of rescue operations and the professional development of future employees. The creation of a network of cadet corps is an investment in the country's future, in shaping a generation of defenders ready to help people in difficult situations at any moment.

Keywords: Cadet Corps, Young Firefighters, Personnel Reserve, Patriotic Education, New Territories, and Rescue Training.

Вхождение Донецкой и Луганской народных республик, Запорожской и Херсонской областей в единую структуру спасательного ведомства Российской Федерации является одной из приоритетных государственных задач. Особое значение в этом процессе приобретает формирование профессионального кадрового резерва и воспитание молодёжи, готовой в сложных условиях приходить на помощь людям, зачастую, на добровольной основе. Укрепление спасательного дела на новых территориях требует комплексного подхода, включающего создание современной учебно-материальной базы, внедрение общероссийских

стандартов подготовки, развитие добровольческих движений и реализацию программ патриотического воспитания подрастающего поколения.

Основной уклон на развитие пожарного дела в школах России представляет собой комплексный процесс, включающий обязательное обучение учащихся мерам пожарной безопасности, создание и деятельность добровольных дружин юных пожарных, проведение систематической профилактической работы сотрудниками Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, а также профориентационные мероприятия, направленные на подготовку будущих специалистов пожарно-спасательной службы и государственного пожарного надзора.

Опираясь на законодательный уровень, фундамент пожарного дела в образовательных организациях закладывается в статье 25 Федерального закона №69-ФЗ «О пожарной безопасности», которая гласит, что в образовательных организациях проводится обязательное обучение обучающихся мерам пожарной безопасности. Органами, осуществляющими управление в сфере образования, и пожарной охраной могут создаваться добровольные дружины юных пожарных. Порядок создания и деятельности добровольных дружин юных пожарных определяется федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере общего образования, по согласованию с федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на решение задач в области пожарной безопасности. Согласно этой части статьи, создается юридическая база, для внедрения программы подготовки спасателей в образовательных учреждениях.

На территории, которые были освобождены в ходе боевых действия по освобождению Российской территории, требуется обязательное создание кадетских корпусов по подготовке спасателей. В 2023 году Министерство просвещения и Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий России совместно разработали методические рекомендации по организации и функционированию кадетских пожарно-спасательных классов, которые были направлены во все регионы страны для использования в работе. На территории Донецкой Народной Республике существуют кадетские пожарно-спасательные классы, созданных в Государственное Бюджетное образовательное учреждение «Средняя школа № 28 городского округа Мариуполь» Донецкой Народной Республики. Обучающиеся в таких классах – кадеты 5-10 классов в количестве 144 человек.

Для продвижения спасательного дела в новых регионах необходимо чаще проводить мероприятия, направленные на проведение и организацию «Дружин юных пожарных». До начала специальной военной операции в образовательных организациях проводились соревнования между обучающимися, победители выходили на муниципальный уровень и республиканский. Однако боевые действия приостановили эту тенденцию. Одним из факторов для развития образовательного процесса в таких классах и организациях строится на принципах интерактивности и максимального приближения к реальным условиям службы. Теоретический блок включает изучение основ пожарной тактики, классификации пожаров и способов их ликвидации, устройства и правил применения первичных средств пожаротушения, а также основные нормативные документы в области государственного пожарного надзора и проведения дознания по фактам пожаров. Практическая составляющая ориентирована на отработку алгоритмов действий в моделируемых ситуациях: под руководством наставников кадеты тренируются в проведении эвакуации из условно задымленных помещений, осваивают методики оказания первой помощи, использования средств индивидуальной защиты органов дыхания и составления протокол осмотра места пожара.

На территории регионов, вошедших в Российскую Федерацию в данный момент нет отдельных кадетских корпусов спасательного ведомства. Создание их сопровождается определенными сложностями в сфере образовательной деятельности и государственного

финансирования, однако такое создание одного для четырех новых регионов необходимо. Зачастую, те, кто выбирает эту сложную и опасную службу, делают по пути своих родителей или мечтают стать с самого детства. Те, кто сделал свой выбор – могут еще со школы привыкать к образовательной деятельности и служебной дисциплине Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий получая еще начальное и среднее образование. Опыт показывает, что такой подход даёт отличные результаты. Воспитанники кадетских корпусов не только приобретают жизненно важные знания и навыки, но и формируют качества, необходимые для будущей службы: дисциплинированность, решительность, готовность к взаимопомощи в столь сложное и опасное время для нас.

Первым шагом является принятие решения о создании кадетского корпуса. Как показывает опыт, наиболее эффективным является совместное решение федерального органа (МЧС России) и региональной власти. В случае с новыми регионами, инициатива может исходить от: Глав Донецкой Народной Республики, Луганской Народной Республики, Запорожской и Херсонской областей, территориальных органов Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, согласование с Министерством просвещения. Учредителем может выступать как непосредственно МЧС России (для федеральных кадетских училищ), так и регион (для региональных кадетских корпусов). При выборе места размещения кадетского корпуса необходимо учитывать: наличие зелёной зоны и возможности для организации спортивных занятий, близость водного объекта (для оборудования пирса и базы для занятий водными видами спорта), возможность создания периметра безопасности, наличие инженерной инфраструктурах.

Оптимальным вариантом для новых регионов может стать использование объектов, принадлежавших ранее расформированным воинским частям, объектам гражданской обороны или детским оздоровительным лагерям. Наиболее целесообразным представляется размещение корпуса в **Мариуполе** как крупнейшем городе новых регионов с развитой инфраструктурой и портовой зоной, что позволит организовать подготовку будущих спасателей, сотрудников для пожарно-спасательных отрядов, сотрудников органов дознания, а также, опираясь на наличие морского побережья – спасателей-водолазов. Альтернативой может быть **Мелитополь**.

Переход от инициативного создания к обязательной системе позволит обеспечить равный доступ к качественному кадетскому образованию для всех желающих вне зависимости от места проживания, создать единые стандарты подготовки и устойчивую систему финансирования. Инвестиции в создание сети кадетских корпусов – это инвестиции в будущее страны, в формирование поколения защитников, готовых в любую минуту прийти на помощь людям в сложных ситуациях, обладающих не только профессиональными знаниями, но и высокими морально-нравственными качествами. Данное мероприятие значительно увеличит кадровый рост сотрудников, формируя сознание в юном возрасте [1].

Список источников

1. Иванов В.П. Кадровая политика МЧС России на современном этапе // Гражданская защита. – 2023. – № 11.
2. Терехнев В.В., Артемьев Н.С., Грачев В.А. Справочник пожарного – спасателя. Изд-во «Центр пропаганды», Му 2006-526.

Содержание

Секция 2

Горение, взрыв, методы пожаротушения и безопасность

Андросенко С. Г.

Развитие торфяных мини-теплоэлектростанций, теплоэлектростанций и котельных: потенциал энергетической безопасности и оценка пожарной опасности объектов торфяной энергетики..... 5

Ширяев Е. В., Шевченко А. А.

Применение гранулированного пеностекла в качестве альтернативного огнетушащего состава при углеводородном пожаре..... 9

Королев С. Н., Сулименко В. А.

Анализ влияния огнетушащего аэрозоля на различные огнетушащие составы..... 12

Гладченко В. Я., Ибрагимов Р. И., Ольховский И. А. Гаплаев А. А-Б.

Влияние интенсивности подачи огнетушащих веществ пожарной ствольной техникой на пожароустойчивость светопрозрачной конструкции..... 16

Черных А. В., Азарков А. В., Гришин А. Н., Колосков А. В., Бордунов С. В.

Реализация способа, технологии генерации подачи воды в метастабильном состоянии на шахте распадская, перспективы применения..... 21

Сулименко В. А., Грушева Т. Г., Чудаков О. Д.

Военные последствия пожаров нефти 26

Герасимова И. Н., Дилектова Т. П., Комраков П. В.

К вопросу об интенсивности газообмена, влияющей на режимы пожаров 32

Рева О. В., Криваль Д. В.

Термические характеристики ступенчато огнезащитных оксидианольных тканей с поверхностными светоотражающими металлсодержащими слоями для защитной одежды 37

Комаров А. А., Петров Р. Ю.

Сравнение методик расчёта параметров легкобрасываемых конструкций и пути совершенствования..... 44

Калков Д. Ю., Гудков М. А., Никитина Ю. С.

Применение беспилотных технологий и машинного зрения для решения задач экстренных и оперативных служб..... 49

Багдадюлян Д. А., Самигулин Г. Х., Богатырев И. Т.

Оценка рисков аварий и особенностей пожарной опасности, связанных с производством и применением сжиженных углеводородных газов на газоперерабатывающих предприятиях. 53

Ащеулова И. И., Титоренко И. Н., Заседателева Н. А., Реформатская И. И., Грохотов М. А.

Пожароопасные свойства нефти месторождений волжско-уральской нефтегазоносной провинции 58

Ащеулова И. И., Титоренко И. Н., Заседателева Н. А., Реформатская И. И., Грохотов М. А.

Пожароопасные свойства отбензиненной нефти..... 62

Глушко С. Е., Чистов П. В., Соколов Г. П.

Взрывы на объектах нефтеперерабатывающей промышленности. Проблемы и способы тушения..... 65

Демидов Н. Д., Данилова Т. В., Елфимов Н. В.

Влияние углеродных наноструктур на термическую деструкцию эпоксидных огнезащитных покрытий на объектах с обращением криогенных жидкостей..... 69

<i>Шевченко А. П., Комаров А. А., Петров Р. Ю.</i>	
Проблемы экспериментального определения видимой скорости пламени при внутреннем взрыве паровоздушной смеси сложных углеводородов	73
<i>Кулагина Т. А., Енюткина Т. А., Щеглов Е. М., Марченкова С. Г.</i>	
Защитная куртка пожарного	76
<i>Стрижак П. А., Кропотова С. С., Кудашев Ш. Р., Фандей Д. Н.</i>	
Определение предельных условий зажигания образцов битума	80
<i>Андреева К. И., Посевин Д. П., Иванов И. П.</i>	
Сравнительный анализ нейросетевых архитектур для задачи детектирования лесных пожаров	82
<i>Гудков М. А., Гапеев А. А., Корнилова А. Р.</i>	
Постановка задачи численного моделирования газопорошкового пожаротушения в рамках двухкомпонентной модели.....	87
<i>Гудков М. А., Гапеев А. А., Сорокин С.В.</i>	
Оптимизация распределения служебной нагрузки сотрудников испытательных пожарных лабораторий на основе метода анализа иерархий	92
<i>Гудков М. А., Гапеев А. А., Сорокин С.В.</i>	
Поддержка управления сотрудниками испытательной пожарной лаборатории: современные методы и подходы.....	97
<i>Кочеткова Е. Б., Ланин С. Н.</i>	
Определение марки выгоревшего бензина по соотношению концентраций его компонентов	101
<i>Галкин И. И., Доморников Н. И., Дialeктова Т. П.</i>	
Современные средства тушения пожаров литий-ионных аккумуляторов и их экологические и токсикологические последствия (обзор)	105
<i>Ивахнюк С.Г., Бякова А. В., Шаранов В. С.</i>	
Способ выявления признаков взрыва заряда конденсированного взрывчатого вещества на конструкциях из алюминия и титана	114

Секция 3

Средства пожаротушения

<i>Тужиков Е. Н., Балаба С. В., Макаренко А. Ю.</i>	
Пожарная безопасность библиотек: сохранение особо ценных изданий.....	120
<i>Тужиков Е. Н., Пахомов Г.Ю., Макаренко А. Ю.</i>	
О применении высокодисперсного водяного тумана при тушении пожара в библиотеках ..	123
<i>Комаревцев Н. В., Федотов И. О.</i>	
Современные технологии и средства пожаротушения	127
<i>Максимов П. В.</i>	
Расчет конфузора и диффузора с цилиндрическим центральным телом для эффективного газодинамического охлаждения потока огнетушащего аэрозоля на выходе из генератора ..	131
<i>Копылов Н. П., Стрижак Павел А., Жданова А. О., Михайлин П. О., Свирин В. В.</i>	
Моделирование импульсного тушения пожаров в резервуарах с нефтепродуктами	135
<i>Климовцов В. М., Климовцова Я. О., Меликян М. В.</i>	
Условия эксплуатации и состояние мобильной пожарной техники в Главном управлении МЧС России по Ростовской области	140
<i>Климовцов В. М., Бармин Д. И., Кулешов М. С.</i>	
Состав парка основных пожарных автомобилей целевого применения в ГПС МЧС России	144
<i>Сорокоумов В. П.</i>	
Некоторые аспекты эксплуатации пожарной техники при проведении процесса технического обслуживания и ремонта	150

<i>Климовцов В. М., Бармин Д. И., Кулешов М. С.</i>	
Распределение основных пожарных автомобилей общего применения по модельному ряду в подразделениях Государственной Противопожарной Службы МЧС России	154
<i>Захаров А. И.</i>	
Анализ механизмов гидрооборудования лесопожарной техники на гусеничном ходу.....	158
<i>Федосов А. А., Ефименко В. Л.</i>	
Беспилотные летательные аппараты в системе МЧС.....	163
<i>Иощенко Д. А., Бармин Д. И., Королев С. Н., Лебедев А. Н.</i>	
Анализ особенности конструкции и элементов огнетушителей для тушения пожаров класса D	169
<i>Иощенко Д. А., Прошина О.П., Макаров С.А., Бармин Д. И., Королев С. Н.</i>	
Применение воздушно-механической пены для тушения автомобильного бензина.....	174
<i>Чёрный Ю. С.</i>	
Передовые технологии, связанные с ликвидацией розливов жидких агрессивных сред	179
<i>Морозов А. А., Василевич Д. В., Гуськов С. Н.</i>	
Универсальный стенд для определения гидродинамических параметров струй жидкости ..	182
<i>Меженев В. А.</i>	
Проблемы стандартизации метода оценки дальности полета огнетушащих веществ из пожарных лафетных стволов	187
<i>Пеньков И. А., Хиль Е. И., Гусев И. А.</i>	
Актуальность применения робототехнических средств порошкового пожаротушения для защиты объектов топливно-энергетического комплекса.....	191
<i>Савонина А. В., Аристархов В. А.</i>	
Разработка алгоритма технологического процесса эксплуатации пожарных рукавов в пожарно-спасательном подразделении.....	197
<i>Городов И. О.</i>	
Эволюция и инновации в системах пожаротушения: от классических методов к интеллектуальным технологиям.....	201
<i>Журов М. М., Скакалин Г. Д., Судиловский Д. С.</i>	
Результаты испытаний установки пожаротушения со стволом гетерофазной подачи огнетушащих веществ	205
<i>Нахай Д. М.</i>	
Применение водных растворов полиакриламида в переносных огнетушителях при тушении низовых лесных пожаров	208
<i>Храмцов С.П., Роев В. В., Чистяков Т. И.</i>	
Технические средства подачи воды в метастабильном состоянии для локализации и тушения пожаров	212
<i>Богатов Н. А., Савина А. С., Халаджан Е. А., Зоткин А. П.</i>	
Разработка низкодзастывающего огнетушащего состава для пожаротушения в арктических условиях	216
<i>Кирьян А. П., Лебедева В. В., Старикова И.Г.</i>	
Влияние химических реагентов на огнетушащую способность воды.....	221
<i>Старикова И. Г., Пефтибай Г. И., Галухин Н. А., Татаров И. А.</i>	
Совершенствование и обоснование конструктивных решений ствола ранцевой пожаротушающей установки	225
<i>Танасиенко В. И., Колбашев М. А.</i>	
Интеграция интеллектуального помощника на основе искусственного интеллекта в системы пожаротушения	232
<i>Аристархов В. А., Балин Д. Н., Левов Н. Н.</i>	
Алгоритм выбора пожарного автомобиля для оснащения пожарно-спасательного подразделения	235

<i>Халиков Р. В., Климовцов В. М.</i>	
Применение шагающих робототехнических платформ при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ	240
<i>Халиков Р. В., Климовцов В. М.</i>	
Исследование эффективности применения беспилотных летательных аппаратов для подачи огнетушащих веществ на фасады высотных зданий	243
<i>Иванов А. В., Сытдыков М. Р., Абдуллаева Ю. С.</i>	
Обоснование конструкции устройства порошкового пожаротушения с вытеснением огнетушащего вещества продуктами горения углеводородов	248
<i>Сытдыков М. Р., Шилов А. Г., Сильников Н. М.</i>	
Создание инновационной мобильной универсальной установки пожаротушения	259
<i>Халиков Р. В., Роевко В. В.</i>	
Использование температурно-активированной воды для доставки комплексных ингибиторов в зону горения	259
<i>Солоненко А. М.</i>	
Вопросы защиты и тушения электрооборудования находящегося под напряжением	264
<i>Митрошкин П. А.</i>	
Функционирование подразделений пожарной охраны, обеспечивающих защиту объектов культурного наследия, расположенных на труднодоступных, изолированных территориях	267

Секция 4

Организация деятельности пожарной охраны

<i>Молодоженцев П. В., Андросенко С. Г.</i>	
Участие персонала энергетического объекта в сдерживании пожара	273
<i>Толстов М. И., Андросенко С. Г.</i>	
Предложения по совершенствованию нормативной правовой базы в области обеспечения пожарной безопасности	279
<i>Маслов В. В., Жмуров А. С., Андросенко С. Г., Дидыч Г. В.</i>	
Совершенствование организационной структуры местных пожарно-спасательных гарнизонов	281
<i>Софроненко М. Ю., Подгрушный А. В., Кириченко К. Ю., Мирзаянц А. В.</i>	
Концепция создания и развития учебно-методического центра для подготовки пожарных и спасателей новой формации	287
<i>Кириченко К. Ю., Ежов А. А., Шарифов Э. Э.</i>	
Анализ прикрытия территории и численность личного состава пожарно-спасательных гарнизонов российской федерации	292
<i>Шарифов Э. Э., Кириченко К. Ю., Андросенко С. Г.</i>	
Прикрытие подразделениями пожарной охраны населенных пунктов и населения Южного федерального округа	297
<i>Ежов А. А., Кириченко К. Ю., Андросенко С. Г.</i>	
Прикрытие населённых пунктов и населения Сибирского федерального округа РФ подразделениями пожарной охраны	302
<i>Аристархов В. А., Кривая А. А., Соколова Н. С.</i>	
Современные подходы к анализу результатов проверок территориальных органов	305
<i>Большин А. В.</i>	
Управление профессиональным обучением кадров в системе ГПС МЧС России	311
<i>Кайбичев И. А.</i>	
Эмпирическое распределение вероятности пожара в России по месяцам года	314

<i>Кашин А. Н.</i>	
Анализ причин гибели и травмирования пожарных для определения безопасных критериев нахождения в условиях воздействия опасных факторов пожара	317
<i>Кочетков Д. И., Бондаренко В. Е., Росоха М. С., Махова А. А., Колупанов И. В.</i>	
Опытный образец стационарного комплекса передачи данных о детектировании возгораний на основе энергоэффективной ad-hoc-сети.....	323
<i>Ростовская А. Н.</i>	
Совершенствование тактических возможностей пожарных подразделений от момента локализации до ликвидации пожара	330
<i>Талалаева Г. В.</i>	
Организация деятельности пожарной охраны в рамках международного взаимодействия России и Китая	334
<i>Увалиев Д. С.</i>	
Системная оценка нагрузки пожарных подразделений как инструмент управления реагированием	338
<i>Порошин А.А. , Стрельцов О. В., Кондашов А. А., Удавцова Е. Ю., Бобринев Е. В.</i>	
Определение зон обслуживания объектов подразделений пожарной охраны.....	342
<i>Pham Quoc Hung</i>	
Prospects of development of scientific and technical capacity for fire protection of the Socialist Republic of Vietnam	347
<i>Шалимов К. С.</i>	
Модель идентификации местоположения человека с использованием цифрового двойника при проведении поисково-спасательных работ	350
<i>Томин С. В.</i>	
Проблемы при устройстве подъездов к зданиям в городской застройке для пожарных подразделений и их решение	354
<i>Музыкант А.А., Салимзянов Э. Р., Кучмасов Д. А., Двоенко О. В., Фератов А. Р.</i>	
Повышение эффективности пожаротушения электротранспорта применением водной среды в метастабильном фазовом состоянии	359
<i>Фогилев И. С., Шухмин Е. А.</i>	
Повышение эффективности действий подразделений пожарной охраны за счет применения населением автономных дымовых пожарных извещателей на объектах ИЖС	364
<i>Илюхин А. В., Монгуш О-М. Н., Джахляев Н. Б.</i>	
К вопросу организационного проектирования местного пожарно-спасательного гарнизона с учетом наиболее сложного объекта района выезда.....	372

Секция 5

Юность пожарного дела

<i>Бондаренко М. В., Ифтоди Л. А., Арцова А.А.</i>	
Специфика разведки пожара в помещениях с работающими кондиционерами и приточной вентиляцией.....	377
<i>Бондаренко М. В., Чудаков О. Д.</i>	
Сбор и утилизация свалочного газа, как ключевая мера по снижению пожарной и взрывопожарной опасности полигонов твёрдых бытовых отходов	381
<i>Бондаренко М. В., Егоров Н.М.</i>	
Травматизм пожарных при выполнении служебных обязанностей и роль физической подготовки в его профилактике.....	385

<i>Разумов А. А., Торопова М. В.</i>	
Разработка модели формирования культуры пожаробезопасного поведения школьников.....	389
<i>Гимадудинова В. Д., Кузовков И. М., Бондаренко М. В., Кляузов А. Ю., Калугин А. С.</i>	
Гендерная трансформация кадрового состава МЧС России: роль, специфика подготовки и профессиональные вызовы для женщин	392
<i>Бондаренко М. В., Туракбай А. С.</i>	
Охрана труда в пожарной охране Республики Казахстан.....	395
<i>Бондаренко М. В., Габдуллин В.Б., Идт В.А., Хачиров А.В.</i>	
Влияние пожарно-спасательного спорта на качество подготовки пожарного специалиста	398
<i>Андреев Д.В., Бондаренко М. В., Ифтоди Л. А., Старцев Д.Ю.</i>	
Анализ влияния занятий хоккеем на повышение качества профессиональной подготовки специалистов пожарной службы	403
<i>Бондаренко М. В., Кляузов А. Ю., Петров Н. А., Харитонов А. В.</i>	
Влияние бокса на качество подготовки пожарного специалиста	407
<i>Бондаренко М. В., Доржнамбер Галбадрах</i>	
Пожарная охрана Монголии	413
<i>Дзанагов В. Э., Новиков А. М.</i>	
Психологические аспекты принятия тактических решений в условиях пожара.....	417
<i>Багомедов Г. Р., Новиков А. М.</i>	
Разведка и современные технологии	420
<i>Суге-Маадыр О. Б., Новиков А. М.</i>	
Степные пожары, их последствия и тушение	422
<i>Бурмистров И.А., Габдуллин В. Б., Кузовков И. М., Ифтоди Л. А., Харитонов А. В.</i>	
Применение междисциплинарных методов в обучении по дисциплине пожарная-строевая подготовка	425
<i>Смагин А. В., Молявка А. С.</i>	
Оценка тактических возможностей сил газодымозащитной службы при спасении людей при пожаре в общежитии	429
<i>Смагин А. В., Андреев Д.В., Любимогова С. Е.</i>	
Особенности проведения спасательной операции детей с помощью средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения при пожаре в детском саду	434
<i>Гуляев Д. А., Шевцов Н. В.</i>	
Воспитание молодых спасателей и укрепление спасательного дела на территории новых регионов Российской Федерации	439

**МАТЕРИАЛЫ
X МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«ПОЖАРОТУШЕНИЕ: ПРОБЛЕМЫ, ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ»**

Издано в авторской редакции

Редакционная коллегия:

доктор техн. наук Ищенко Андрей Дмитриевич – главный редактор
канд. техн. наук Зайченко Юлия Сергеевна – выпускающий редактор
канд. техн. наук, доцент Бондаренко Михаил Владимирович
Косьянова Елена Николаевна
Андросенко Сергей Геннадьевич
Шурыгин Максим Андреевич
Апарин Николай Максимович
Гудков Максим Андреевич
Комаревцев Никита Васильевич
Андросенко Сергей Геннадьевич
Габдуллин Владислав Булатович

Подписано в печать _____. Формат 60×90 1/16.
Печ. л. 21,75. Уч.-изд. л. 15,9. Бумага офсетная.
Тираж 100 экз. Заказ _____

Академия ГПС МЧС России
129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, 4