

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
**ПРОБЛЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ
В ТЕХНОСФЕРЕ**
PROBLEMS OF TECHNOSPHERE RISK MANAGEMENT
№ 4 (60) – 2021

Редакционный совет

Председатель – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Ложкин Владимир Николаевич**, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Заместитель председателя – (главный редактор) доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Галишев Михаил Алексеевич**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Заместитель председателя – (ответственный за выпуск) доктор технических наук, кандидат химических наук, профессор **Ложкина Ольга Владимировна**, профессор кафедры физико-химических основ процессов горения и тушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор **Шарапов Сергей Владимирович**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, ассоциированный профессор (доцент) полковник гражданской защиты **Шарипханов Сырым Дюсенгазиевич**, начальник Кокшетауского технического института МЧС Республики Казахстан;

доктор технических наук, доцент полковник внутренней службы **Крутолапов Александр Сергеевич**, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор военных наук, профессор **Актерский Юрий Евгеньевич**, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, доцент **Терехин Сергей Николаевич**, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор **Малыгин Игорь Геннадьевич**, директор Института проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук;

доктор химических наук, профессор полковник внутренней службы **Калач Андрей Владимирович**, начальник кафедры безопасности информации и защиты сведений, составляющих государственную тайну Воронежского института федеральной службы исполнения наказаний России;

доктор химических наук, профессор **Рудаков Олег Борисович**, заведующий кафедрой химии и химической технологии материалов Воронежского государственного технического университета;

доктор физико-математических наук, профессор **Локтев Алексей Алексеевич**, заведующий кафедрой «Транспортное строительство» Российского университета транспорта;

кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор (доцент) полковник гражданской защиты **Раимбеков Кендебай Жанабилович**, заместитель начальника Кокшетауского технического института МЧС Республики Казахстан по научной работе;

доктор юридических наук, профессор **Сафарзода Бахтовар Амирали**, заместитель Генерального секретаря Совета Межпарламентской Ассамблеи – полномочный представитель Маджлиси Оли Республики Таджикистан в МПА СНГ и ПА ОДКБ;

доктор юридических наук, доцент **Макаров Олег Сергеевич**, директор Белорусского института стратегических исследований (Республика Беларусь, г. Минск);

доктор юридических наук, доцент **Ковалева Наталья Витальевна**, профессор Департамента международного и публичного права Финансового университета при Правительстве Российской Федерации;

доктор юридических наук, доцент **Медведева Анна Александровна**, профессор кафедры трудового права;

доктор юридических наук, профессор **Агаев Гююлоглан Али оглы**, профессор кафедры уголовного права и таможенных расследований Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения;

доктор юридических наук, доцент **Антонов Антон Геннадьевич**, профессор кафедры уголовного права Санкт-Петербургского университета МВД России;

доктор юридических наук, доцент **Хлебушкин Артем Геннадьевич**, профессор кафедры уголовного права и уголовного процесса Санкт-Петербургского государственного экономического университета;

доктор технических наук **Мрачкова Ева**, профессор кафедры противопожарной защиты Технического университета г. Зволен (Республика Словакия);

Мухаммед Халил Абузалата, профессор кафедры инженерной мехатроники Университета прикладных наук Аль-Балка, декан (президент) Арабского университетского технологического колледжа (Иордания).

Секретарь совета:

доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Медведева Людмила Владимировна**, заведующий кафедрой физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Редакционная коллегия

Председатель – кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Онов Виталий Александрович**, начальник центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

Заместитель председателя – кандидат технических наук, доцент подполковник внутренней службы **Турсенев Сергей Александрович**, заместитель начальника центра – начальник отдела информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Члены редакционной коллегии:

доктор технических наук, профессор **Моторьгин Юрий Дмитриевич**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор педагогических наук, профессор **Пашута Валерий Лукич**, заведующий кафедрой психолого-педагогических и правовых основ служебно-прикладной физической подготовки Военного института физической культуры;

кандидат военных наук, доцент полковник внутренней службы **Горбунов Алексей Александрович**, заместитель начальника университета по учебной работе Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, доцент полковник внутренней службы **Королева Людмила Анатольевна**, заместитель начальника кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Фомин Александр Викторович**, профессор кафедры надзорной деятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат технических наук, доцент подполковник внутренней службы **Шидловский Григорий Леонидович**, начальник кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор экономических наук, профессор **Бардулин Евгений Николаевич**, заведующий кафедрой управления и экономики Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Секретарь коллегии:

кандидат технических наук, доцент подполковник внутренней службы **Сытдыков Максим Равильевич**, начальник кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» включен в Реферативный журнал и базы данных ВИНТИ РАН.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в Международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Uberich's Periodicals Directory». Решением ВАК журнал включен в перечень периодических научных и научно-технических изданий, в которых рекомендуется публикация материалов, учитывающихся при защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Периодичность издания журнала – ежеквартальная

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

- Самигуллин Г.Х., Захаров А.Е. Оценка пожарного риска при использовании полимерных эластичных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов 6
- Бондарев А.В., Шванкин М.В., Николашин С.Ю. Контроль критически важных факторов состояния массива на горнодобывающих предприятиях 13
- Красильников А.В. Совершенствование методики расчета поражающих факторов пожара пролива горючих жидкостей, обращающихся на объектах нефтегазового комплекса ... 18

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Терёхин С.Н., Абзалов О.И., Лимонов Б.С. Обеспечение пожарной безопасности торгово-развлекательных центров с массовым пребыванием людей 25
- Андрюшкин А.Ю., Мещеряков С.А., Кадочникова Е.Н. Совершенствование теплоизоляционных конструкций средств коллективной защиты работников машиностроения 32

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

- Савчук О.Н., Нефедьев С.А., Крейтор В.П. Пути повышения безопасности сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС России при действии в очагах чрезвычайных ситуаций 39
- Однолетко А.В., Троянов О.М. Прогнозирование объема восстановительного ремонта инженерных сетей коммунального хозяйства населенного пункта после землетрясения с учетом эксплуатационных факторов 47
- Ивахнюк С.Г. Прогностическое моделирование загрязнения морских акваторий при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов 60
- Малыгин И.Г., Скодтаев С.В. Обоснование технических решений, направленных на снижение динамики распространения опасных факторов пожара на воздушном судне 67

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

- Сысоева Т.П., Лобова С.Ф., Латышев О.М. Применение 3D-сканера при осмотре места пожара 75
- Кожевин Д.Ф. Концепция оценки эффективности порошковых средств пожаротушения по мощности теплопоглощения их огнетушащего вещества 79
- Преснов А.И., Марченко М.А., Печурин А.А. Особенности использования пожарных автолестниц и автоподъемников в качестве грузового автокрана 88
- Иванов К.С. Обоснование предельно допустимых скоростей движения пожарно-спасательных автомобилей 95
- Сорокина Ю.Н., Калач А.В., Демёхин Ф.В. Аналитическая оценка параметров пожаровзрывобезопасности вспышки азотсодержащих органических соединений, обращающихся в производстве нефтепродуктов 101

ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА

- Меньшиков А.В., Муталиева Л.С., Ажмуллаев Р.С. Проблемы уголовно-процессуальной деятельности при оценке материального ущерба по делам о пожарах 107
- Зорина Е.А., Зыков М.А. Правовые основы противодействия коррупции в МЧС России 112

| | |
|---|-----|
| Часовникова О.Г., Данилова П.А. Определение подследственности уголовных дел о лесных пожарах | 119 |
| Борзунова Н.Ю., Яхонтова О.Н. Особенности тактики производства отдельных следственных действий по уголовным делам об уничтожении или повреждении лесных насаждений | 124 |

ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

| | |
|---|-----|
| Поташев Д.А. О проблеме взрывопожароопасности подземных автостоянок | 132 |
| Медведев А.Ю. Зависимости состава и свойств экстрактивных компонентов копоти от режима горения и природы пожарной нагрузки, характерной для объектов нефтегазового комплекса | 140 |
| Акимова А.Б. Моделирование динамики пожаров автомобилей на различных видах топлива на автостоянках закрытого типа | 147 |
| Константинова А.С. О повышении точности огневых испытаний огнетушителей на основе оценки влияния дисперсного состава порошка на огнетушащий эффект | 156 |
| Столяров С.О. Методика синтеза абляционно-десорбционных огнезащитных покрытий | 161 |

| | |
|--|-----|
| Сведения об авторах | 167 |
| Информационная справка. | 170 |
| Авторам журнала «Проблемы управления рисками в техносфере». | 175 |

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Проблемы управления рисками в техносфере», без письменного разрешения редакции не допускается.
 Ответственность за достоверность фактов, изложенных в материалах номера, несут их авторы

ББК 84.7Р
УДК 614.84+614.842.84

Отзывы и пожелания присылать по адресу: 196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, 149. Редакция журнала «Проблемы управления рисками в техносфере»; тел. (812) 645-20-35. E-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: WWW.IGPS.RU

ISSN 1998-8990

© Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2021

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 614.84

ОЦЕНКА ПОЖАРНОГО РИСКА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЛИМЕРНЫХ ЭЛАСТИЧНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Г.Х. Самигуллин, доктор технических наук, доцент;

А.Е. Захаров.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Эластичные резервуары из полимерных материалов широко используются на нефтегазовых предприятиях для решения различных производственных задач. В сравнении со стальными резервуарами они имеют определенные преимущества по технологичности, экономности и универсальности использования, но уступают в части пожарной и промышленной безопасности вследствие горючести полимеров. Для оценки опасности эксплуатации полимерных резервуаров на примере модельного резервуарного парка хранения нефтепродуктов был проведен расчет пожарных рисков по различным сценариям возникновения и развития пожара, построено «дерево событий» при возникновении расчетной аварии, предусматривающей разгерметизацию одного из резервуаров. Расчетные значения пожарных рисков для резервуарного парка из полимерных эластичных резервуаров не соответствуют требованиям пожарной безопасности, что обуславливает необходимость дополнительных мероприятий в области нормативного и технологического регламентирования безопасной эксплуатации нефтебаз из полимерных эластичных резервуаров.

Ключевые слова: полимерные эластичные резервуары, резервуарный парк, нефтепродукты, опасные факторы пожара, оценка пожарного риска, пожарная безопасность

ASSESSMENT OF FIRE RISK WHEN USING POLYMERIC ELASTIC TANKS FOR PETROLEUM AND PETROLEUM PRODUCTS STORAGE

G.Kh. Samigullin; A.E. Zaharov.

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

Elastic tanks made of polymeric materials are widely used at petroleum enterprises to solve various production problems. Compared with steel tanks, flexible tanks have certain advantages in terms of manufacturability, economy and versatility of use. However, they are inferior in terms of fire and industrial safety due to the flammability of polymers. To assess the hazard of polymeric tanks, the fire risks have been calculated for a certain petroleum tank farm model for different scenarios of occurrence and development of the fire, the «event tree» was built in case of the calculated accident which provides the failure of one of the tanks. The calculated values of fire risks for the petroleum tank farm of polymeric elastic tanks do not meet the requirements of fire safety, so there is the necessity of additional measures in the sphere of normative

and technological regulation of the safe operation of petroleum tank farms made of polymeric elastic tanks.

Keywords: polymer elastic tanks, tank farm, petroleum products, fire hazards, fire risk assessment, fire safety

Обоснование актуальности проблемы безопасности эксплуатации эластичных резервуаров

Современную промышленность, несмотря на активное внедрение «зеленых» технологий и альтернативных видов топлива, невозможно представить без нефтегазовой отрасли. Согласно статистике, опубликованной Министерством энергетики Российской Федерации в 2020 г., объем национальной добычи нефтяного сырья составил в абсолютном выражении 512,8 млн т [1]. Такой объем углеводородного сырья требует совершенствования средств и методов транспорта и хранения, расширения спектра применяемых материалов и конструкций. Общепринятым методом при хранении нефти и нефтепродуктов является использование нефтебаз (нефтехранилищ) с применением серийно изготавливаемых стальных вертикальных резервуаров (РВС) по ГОСТ 31385–2016.

При многочисленных достоинствах, присущих стальным резервуарам типа РВС (индустриальные методы сооружения и обслуживания, прочность и долговечность, высокий уровень пожарной безопасности, длительный опыт эксплуатации) [2, 3], они требуют больших ресурсных и временных затрат при перевозке, монтаже, нуждаются в специальной защите от низких температур и коррозии при эксплуатации и т.д., что особенно остро ощущается в регионах Крайнего Севера России, являющихся ключевой точкой разработки нефтегазовых месторождений. В качестве альтернативы традиционным методам устройства нефтебаз из РВС выступают хранилища из эластичных резервуаров, выполненных из многослойных полимерных тканей [4]. Оболочки из современных полимерных материалов не теряют своих качеств при воздействии низких температур, устойчивы к коррозии, имеют компактные размеры и малый вес – соответственно очень мобильны, а на развертывание такой нефтебазы на основе полимерных резервуаров уходит всего несколько дней. В силу данных обстоятельств, производственными предприятиями как в нашей стране, так и за рубежом идет активная разработка и выпуск эластичных полимерных резервуаров (ПЭР). Основные сведения по производителям и выпускаемым резервуарам приведены в табл. 1.

Область применения полимерных резервуаров достаточно широка [5].

Наиболее часто ПЭР используются при работах по ликвидации аварийных разливов нефти при эксплуатации нефтегазовых объектов. Для временного хранения утилизируемых из утечек нефтяных смесей производят сбор путем откачки из мест сбора разлившихся углеводородных жидкостей в ПЭР, что позволяет повысить оперативность аварийно-спасательных работ с учетом их высокой мобильности, быстрого развертывания и низких затрат на хранение [5].

Значительное количество ПЭР используется при обустройстве газоуравнительных систем во избежание потерь нефтепродуктов при их хранении. Данные системы включают в себя мягкие резервуары-газгольдеры, которые размещаются на любом пригодном для этих целей участке резервуарного парка, так и внутри резервных резервуаров. В них поступает парогазовая смесь из внутренней полости резервуаров хранения при повышении температуры в последних за счет естественного нагрева («малые» дыхания) в течение дневного времени суток, а также при «больших» дыханиях в процессе заполнения топливом резервуаров.

Кроме того, ПЭР могут применяться при обустройстве временных баз для задач оперативного снабжения нефтепродуктами производственных предприятий [6], а также для хранения балансового избытка нефти при выполнении ремонтно-восстановительных работ на трубопроводах. Применение резиноканевых резервуаров для хранения избытков

нефтепродуктов как временных вместилищ является наименее энергозатратным в условиях отдаленных регионов. Не требуя подготовки грунта, полимерные резервуары могут быть развернуты в кратчайшие сроки с момента поступления запроса на выполнение ремонтных работ.

Таблица 1. Характеристики ПЭР различных производителей

| Производитель | Материал изготовления | Геометрические параметры | | Возможность хранения различных продуктов | | |
|--|---|--|-----------------------|--|----------------------|----------------------|
| | | размеры, м | объем, м ³ | неагрессивные жидкости | нефть, нефтепродукты | агрессивные жидкости |
| Отечественные производители | | | | | | |
| 1. ООО «Технотент» | Поливинилхлорид (ПВХ) | 18,0×12,2×1,9 (для V=300 м ³) | 1...300 | + | + | Нет информации |
| 2. Компания «Полимерные эластичные резервуары» | Полиэфирная ткань, покрытая ПВХ или термопластичным полиуретаном (ТПУ) | 16,7×12,0×1,7 (для V=350 м ³) | 50...400 | + | + | + |
| 3. ГК «Нефтетанк» | Полимер «Enviro Pro» (пр-во комп. «Mehler Technologies GmbH», Германия) | Нет информации | 1...500 | + | + | + |
| 4. ООО «СкайПром» | Полиэфир+ТПУ | 16,0x16,0x1,5 | 1...320 | + | + | + |
| 5. ООО НПФ «Политехника» | Полиэфир+ТПУ | Нет информации | 1...500 | + | + | + |
| Зарубежные производители | | | | | | |
| 6. Water Storage Tanks (США) | Нет информации | 5,9x4,7x7,0 (для V=19 м ³) | 1...19 | + | + | + |
| 7. Musthane (Франция) | Нет информации | Нет информации | – | + | + | + |
| 8. Trelleborg AB (Швеция) | Нет информации | Нет информации | 1...800 | + | + | – |
| 9. Pronal (Франция) | Полиамидная ткань, покрытая эластомером | 17,0x14,6x1,3 (для V=300 м ³) | 1...300 | + | + | – |

Основная часть

Анализ конструкционно-технологических показателей и опыта эксплуатации ПЭР при хранении нефтепродуктов позволил установить, что данные резервуары имеют как несомненные достоинства, так и значительные недостатки [7].

К положительным характеристикам ПЭР можно отнести их дешевизну, инертность к хранимым продуктам, широкий ряд типоразмеров и разнообразие конструктивного исполнения, относительно малую массу, компактность и высокую мобильность в сравнении с РВС. Кроме того, данный тип резервуаров является неприхотливым по отношению к грунтовым условиям (можно размещать на неподготовленных поверхностях), обеспечивает

отсутствие потерь нефтепродукта при «дыханиях» резервуаров, имеет высокую коррозионную устойчивость, минимальные эксплуатационные затраты при сооружении и ремонте в полевых условиях (без применения огневых работ, с помощью пластырей либо специального ремонтного комплекта).

К отрицательным эксплуатационным характеристикам ПЭР можно отнести сравнительно малую вместимость резервуаров (не более 500 м^3), невозможность транспортировки в наполненном состоянии, низкую механическую прочность и слабую защищенность при колюще-режущем воздействии, отсутствие штатного оборудования, обеспечивающего дистанционный мониторинг и контроль (датчики контроля уровня жидкости, датчики температуры и давления, предохранительные клапаны и др.) [8]. Следует отметить также и необходимость импорта полимерного сырья для изготовления резервуаров, трудности в нейтрализации статического заряда, возникающего при транспорте углеводородов, ограниченный срок эксплуатации (10–12 лет) вследствие отсутствия единых требований к составу полимерных материалов, что используется недобросовестными производителями, изготавливающих резервуары из поливинилхлоридного полотна, теряющего свои качества при низких температурах. Но главным недостатком ПЭР при решении вопросов обеспечения пожарной и промышленной безопасности является отсутствие нормативной базы, регламентирующей применение данных резервуаров на взрывопожароопасных предприятиях [9]. Полимерные резервуары выполнены из горючих материалов, и для них отсутствуют обоснованные требования по устройству нефтебаз и компоновке резервуарных групп. Кроме того, невозможно обеспечить требования в части соблюдения противопожарных расстояний, максимально допустимых объемов хранения легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), растворителей, моторных топлив и масел, оснащения оборудованием в целях противопожарной защиты. Имеющиеся сведения об эксплуатируемых нефтехранилищах свидетельствуют, что при решении указанных вопросов применяются нормативы для стальных резервуаров [10], однако подобный подход требует дополнительного анализа в части обеспечения пожарной безопасности.

Расчет пожарного риска при использовании ПЭР в резервуарном парке

Для оценки пожарной опасности при эксплуатации ПЭР был проведен расчет пожарных рисков на примере модели резервуарного парка хранения дизельного топлива марки «А» в группе из четырех полимерных резервуаров объемом 250 м^3 (рис. 1). Основные эксплуатационные свойства дизельного топлива марки «А» приняты в соответствии с ГОСТ 305–2013.

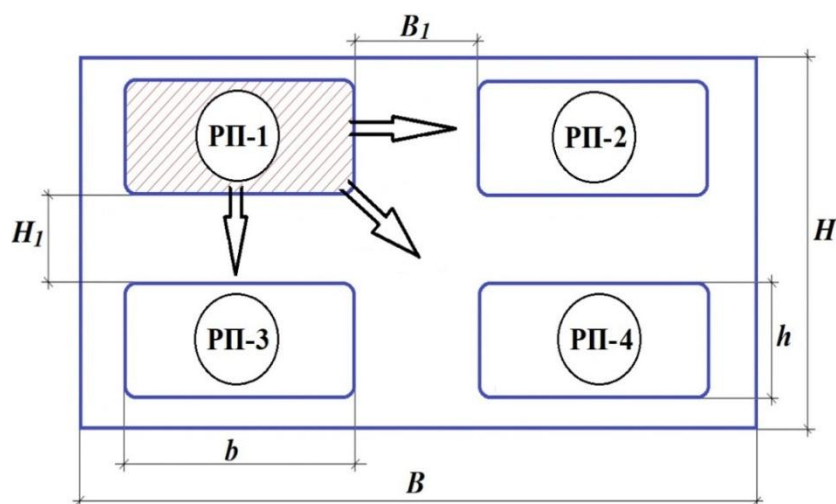


Рис. 1. Схема расположения группы полимерных резервуаров для хранения дизельного топлива

Исходные данные: полимерный резервуар объем $V=250 \text{ м}^3$; размеры резервуара в плане ($b \times h$): $14 \times 12 \text{ (м)}$; размеры площадки $B \times H$: $55 \times 49 \text{ (м)}$, расстояния между резервуарами в группе (принято согласно п. 6.4.27 СП 4.13130.2013 как для стальных резервуаров) $H_1=V_1=15 \text{ м}$.

В качестве расчетной аварии принималась разгерметизация полимерного резервуара РП-1 с последующим растеканием горючего по площади размещения резервуарной группы. Схема развития аварии приведена на рис. 2.

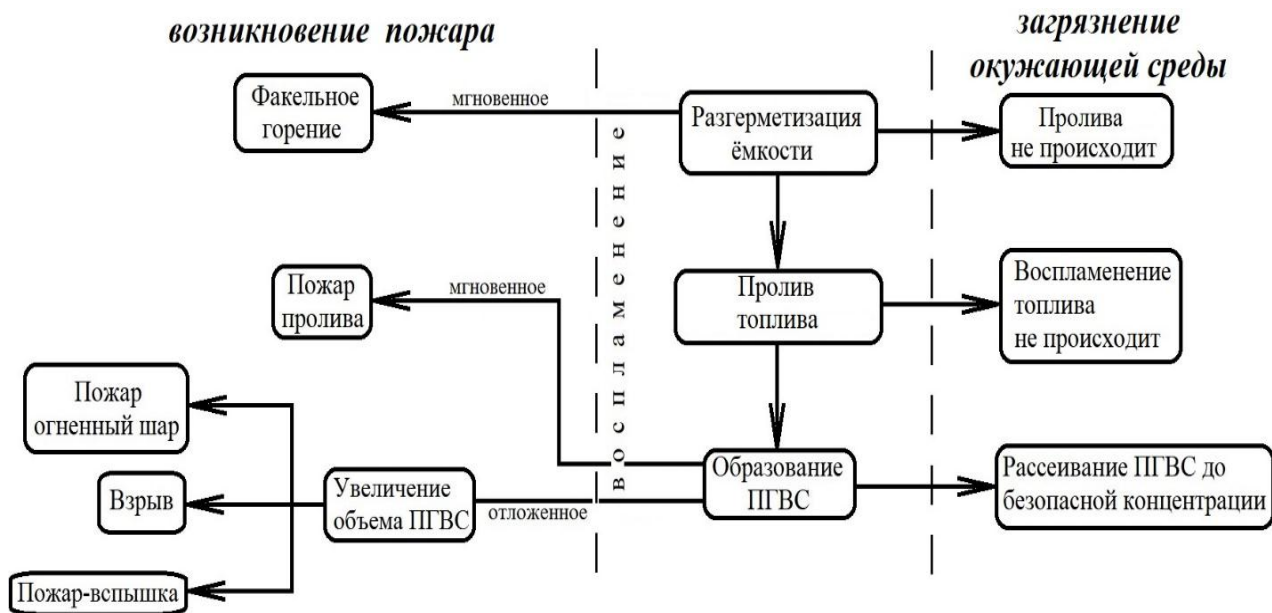


Рис. 2. Логическая схема возникновения и развития пожароопасной ситуации: ПГВС – парогазовоздушная смесь

В качестве основного поражающего фактора при возникновении пожароопасной ситуации было принято тепловое излучение и непосредственное воздействие огня горящего разлива топлива из резервуара РП-1. В соответствии с деревом событий были рассмотрены следующие сценарии, приведенные в табл. 2. Сценарии расположены по убыванию значения вероятности реализации.

Таблица 2. Сценарии событий при расчетной аварии в резервуарном парке

| Перечень событий | Обозначение |
|---|-----------------------|
| Повреждение резервуара → истечение топлива из резервуара → образование пролива → образование источника зажигания → воспламенение пролива | С1 «Пожар пролива» |
| Повреждение резервуара → истечение топлива из резервуара → образование первичного парогазового облака → образование источника зажигания → отложенное воспламенение парогазовоздушной смеси → пожар-вспышка | С3 «Пожар-вспышка» |
| Повреждение резервуара → истечение топлива из резервуара → образование пролива → испарение и образование вторичного парогазового облака → образование источника зажигания → отложенное воспламенение парогазовоздушной смеси → взрыв облака | С2 «Взрыв» |

Дерево событий при возникновении расчетной аварии в резервуарном парке приведено на рис. 3.



Рис. 3. Дерево событий при возникновении расчетной аварии в резервуарном парке

Расчет интенсивности теплового излучения при пожарах для гипотетических аварий и зоны действия поражающих факторов при авариях, сопровождающихся пожаром разлива дизельного топлива, на проектируемых объектах проводился по «Методике расчета интенсивности теплового излучения при пожарах проливов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей» Приложение В, ГОСТ Р 12.3.047–2012 «ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».

Анализ рисков выполнялся в соответствии с Руководством по безопасности «Методические основы по проведению анализа риска опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», утвержденным приказом Ростехнадзора от 11 апреля 2016 г. № 144 и методикой определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (приложение к приказу МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404). Результаты расчетов приведены в табл. 3, 4.

Таблица 3. Результаты расчета возможного количества пораженных при реализации расчетной аварии

| Номер сценария | Категория людей | Ожидаемое количество погибших, чел. | Ожидаемое количество санитарно-пораженных, чел. |
|----------------|---------------------------|-------------------------------------|---|
| C1 | Производственный персонал | 1 | 1 |
| C2 | Производственный персонал | 1 | 1 |
| C3 | Производственный персонал | 1 | 1 |

Таблица 4. Результаты расчета максимальных потенциального (территориального), коллективного и индивидуального рисков

| Потенциальный риск, $R_{\text{пот}}$ 1/год | Индивидуальный риск, $R_{\text{инд}}$ 1/год | Коллективный риск, $R_{\text{колл}}$ чел./год |
|---|--|--|
| $1,58 \cdot 10^{-5}$ | $1,01 \cdot 10^{-5}$ | $1,24 \cdot 10^{-6}$ |

Максимальное значение индивидуального риска на рассматриваемой нефтебазе временного хранения дизельного топлива составляет $1,01 \cdot 10^{-5}$ в год, а коллективный риск равен значению $1,24 \cdot 10^{-6}$ чел. в год. В соответствии с требованиями ст. 93 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (ФЗ № 123-ФЗ) значение индивидуального пожарного риска на производственных сооружениях и территориях промышленных объектов не должна превышать значение одной миллионной доли в год ($1 \cdot 10^{-6}$ 1/год). Как видно из табл. 4, показатель индивидуального риска превышает значения приемлемого риска, следовательно, положения ФЗ № 123-ФЗ не выполняются.

Результаты и выводы

Как показали результаты оценки пожарных рисков, противопожарная защищенность нефтебазы для временного хранения дизельного топлива в ПЭР не обеспечена. Такая ситуация обусловлена отсутствием требований пожарной безопасности для подобных объектов, что требует осуществления исследовательских работ по модификации полимерных материалов для снижения горючести и увеличения механической прочности стенок ПЭР. Кроме того, необходимо выполнить научное обоснование нормативов, регламентирующих величину противопожарных разрывов, ограничений в части компоновки резервуарных групп и геометрических параметров обвалования, а также дополнить алгоритм расчета пожарных рисков с учетом особенностей технической эксплуатации ПЭР при хранении нефти и нефтепродуктов.

Литература

1. Основные показатели Министерства энергетики Российской Федерации. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1209> (дата обращения: 27.10.2021).
2. Самигуллин Г.Х., Лягова А.А., Дмитриева А.С. Оценка напряженно-деформированного состояния стального цилиндрического резервуара с дефектом типа «трещина» с использованием ПК ANSYS // Деловой журнал «Neftegaz.RU». 2017. № 12 (72). С. 14–17.
3. Самигуллин Г.Х., Кадочникова Е.Н., Тепляков Д.Э. Проблемы обеспечения пожарной безопасности на резервуарах и резервуарных парках // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / сост. Т.В. Мусиенко, В.А. Онов, Н.В. Федорова. 2020. С. 12–15.
4. Прохоров А.А., Наумкин Е.А., Тляшева Р.Р. Применение эластичных резервуаров в условиях Крайнего Севера: материалы 69-й Науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2018. С. 335.
5. Кургин Р.В. Мягкие резервуары. Описание и применение // Экспозиция Нефть Газ. 2014. № 6 (38). С. 80–81.
6. Барышев И.Г. Полимерные эластичные резервуары – опыт применения // Экспозиция Нефть Газ. 2013. № 7 (32). С. 86–89.
7. Колотилин Д.В., Дедов А.В., Кюннап Р.П. Методика оценки герметичности полимерных резервуаров для перевозки топлива воздушным транспортом // Пластические массы. 2021. № 1-2. С. 46–48.
8. Шириева Н.С., Шириев А.К., Тляшева Р.Р. Оценка применения полевого склада горючего на базе эластичных резервуаров на восточно-таймырском лицензионном участке

с учетом анализа риска // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2017. № 3. С. 169–188.

9. Исследование проницаемости фторированного полиэтилена высокого давления для складов временного хранения топлива / Ю.Н. Рыбаков [и др.] // Научно-технический журнал «Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов». 2021. Т. 11. № 1. С. 65–69.

10. Прогнозирование дальности действия поражающих факторов и ресурса безопасной эксплуатации резервуаров, изготовленных из полимерного композитного материала, в условиях отрицательных температур / Н.С. Шириева [и др.] // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2020. № 1. С. 53–72.

УДК 622.01, 622.831.31

КОНТРОЛЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ФАКТОРОВ СОСТОЯНИЯ МАССИВА НА ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А.В. Бондарев;

М.В. Шванкин, кандидат технических наук.

**Институт горной геомеханики и геофизики – Межотраслевой научный
центр ГЕОМЕХ (МНЦ ГЕОМЕХ), Санкт-Петербург.**

С.Ю. Николашин, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

В федеральных законах к опасным промышленным объектам (производствам) отнесена разработка месторождений твердых полезных ископаемых подземным или открытым способами. Ведение горных работ в этих условиях сопряжено с рисками геодинамической и геомеханической природы. Своевременный полномасштабный (многоуровневый) контроль параметров горной среды позволяет своевременно применить эффективные профилактические мероприятия, что минимизирует последствия техногенного воздействия на недра и служит основой по снижению названных рисков. Нарботанная база рисков в период эксплуатации горнодобывающего предприятия становится объективной основой разработки оптимальной схемы ликвидации предприятия независимо от причины закрытия и выбора средств контроля геодинамической и экологической природы последствий ликвидации.

Ключевые слова: многопараметрический контроль, геодинамические явления, геодинамический мониторинг, техногенная сейсмичность, снижение рисков

CONTROL OF CRITICAL FACTORS OF THE STATE OF THE MASSIF AT MINING ENTERPRISES

A. V. Bondarev; M. V. Shvankin.

Institute of mining geomechanics and geophysics – scientific center GEOMEH, Saint-Petersburg.

S. Yu. Nikolashin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In federal laws, hazardous industrial facilities (productions) include the development of solid mineral deposits by underground or open methods. Mining operations in these conditions involve risks of geodynamic and geomechanical nature. Timely full-scale (multilevel) control of the parameters of the mining environment minimizes the consequences of man-made impacts on the subsoil and serves as the basis for the timely application of effective preventive measures

to minimize these risks. The accumulated risk base during the operation of the mining enterprise becomes an objective basis for the development of an optimal scheme for the liquidation of the enterprise (the reasons for closure are not important) and the choice of means to control the geodynamic and ecological nature of the consequences of liquidation.

Keywords: multiparametric control, geodynamic phenomena, geodynamic monitoring, technogenic seismicity, risk reduction

Введение

В условиях действующего горнодобывающего предприятия Правилами безопасности [1–4] регламентируется контроль состояния горной среды современными средствами. Анализ геодинамической безопасности заключается в процессе идентификации геодинамических опасностей, оценке частоты или вероятности их возникновения и эффективности (адекватности) применяемых профилактических мероприятий по управлению горным давлением или минимизации геодинамических рисков и включает следующие процедуры:

- предпроектные исследования;
- планирование и организация работ по геодинамическому районированию недр с выделением тектонически напряженных зон в пределах границ месторождений твердых полезных ископаемых (месторождений) и участков шахтных полей (выемочных участков), склонных к проявлению динамики при подготовке и выемке запасов;
- идентификацию видов геодинамических опасностей при разработке месторождений на основе классификаций геодинамических явлений и опасных форм проявления горного давления и т.п.;
- оценку степени геодинамической опасности (по видам);
- установление меры (величины геодинамического риска);
- разработку мероприятий по управлению (минимизации) геодинамическим риском.

Вне зависимости от выбранного подхода к реализации предпроектные изыскания отвечают на вопросы текущего и перспективного строения, свойств и состояния области контроля. Это, в свою очередь, во многом предопределяет путь выбора возможных рисков с выходом на качественный набор средств контроля и прогноза [5].

Объекты и методы исследований

При освоении месторождений полезных ископаемых учитываются особенности, свойственные каждому из них, и это не позволяет в полной мере унифицировать оптимальный набор средств контроля рисков геодинамической и геомеханической природы. Предпроектные изыскания и постановка исследований, проводимые специализированными научными организациями, помогают получить ответы на вопросы об этих рисках и средствах их контроля и локализации.

Своевременная оценка рисков, свойственных текущим горно-геологическим и горнотехническим условиям, лежит во всестороннем, многопараметрическом исследовании состояния горного массива.

В качестве примера приводим набор исследовательских мероприятий, реализованных авторами в условиях удароопасного угольного пласта «Верхний» Баренцбургского месторождения (ФГУП Государственный трест «Артикуголь», арх. Шпицберген) [6–8]. С целью выбора оптимальных технологических схем отработки и профилактических мероприятий эффективно использовались:

- математическое моделирование процессов расслоения и смещения на контактах поверхностей ослабления сцепления в слоях кровли;
- геофизические методы, основанные на приеме электромагнитных колебаний искусственного возбуждения (ИЭМИ);
- геофизические акустические методы;
- геомеханические расчеты целиков и предельных пролетов;

- анализ физико-механических фазо-физических свойств угля;
- маркшейдерско-геодезические наблюдения;
- видеоэндоскопические исследования расслоений (в шпурах и скважинах);
- замерные станции с контурными и глубинными реперами, по которым измерения горизонтальных и вертикальных смещений осуществлялись непосредственно на замерных станциях стойкой СУИ-2;
- метод внедрения динамического пробника в краевую часть массива и по глубине скважины.

В условиях Баренцбургского месторождения исследования проводились с применением минимум трех–четырех методов одновременно. Комплексный подход к изучению форм рисков не только позволил выделить преобладающие риски, но и качественно, на новом уровне ответственности выработать оптимальные технологические схемы отработки и параметры профилактических мероприятий. Результатом стало улучшение геодинамической обстановки. В период с 2000 по 2006 г. было зафиксировано 50 случаев газодинамических явлений, тогда как в период с 2006 по 2020 г. – только один (в 2013 г.).

Многолетние исследования (с 2000 г.) позволили выделить ряд рисков, присущих условиям отработки пласта «Верхний» шахты № 1-5 на Баренцбургском месторождении и, как основной фактор, риск динамической опасности. Причиной тому являются физико-механические и фазово-физические свойства угля, горно-геологические условия его залегания, такие как: глубина разработки, тяжелая кровля, склонная к зависанию, отсутствие слабых и пластичных прослоев, высокая до 7 баллов сейсмичность, предполагающая активное современное геологическое развитие района. Под наблюдением остаются риски разрушения целиков в зоне повышенного горного давления, не спрогнозированных геологических нарушений вышележащего затопленного выработанного пространства отработки пласта «Верхний» в 40–70-е гг.

Уникальность горно-геологических и горнотехнических условий месторождений предопределяет и набор средств контроля, предложенный на основании выявленных форм рисков, свойственных этим условиям. Так, к примеру, авторами в условиях Ургальского угольного месторождения (АО «Ургалуголь», р.п. Чегодомын, Хабаровский край) при расчете устойчивости подготовительных горных выработок в сложных горно-геологических условиях пласта В₁₂ использовался комплексный подход, включающий: определение геотектонических напряжений на геологическом участке с помощью данных всемирной карты напряжений – World Stress Map [9], метода силового внедрения в массив жестких бойков в процессе бурения скважины с определением влажности буровой мелочи с каждого метра бурения для установления зоны неупругих деформаций вокруг выработки, данных геофизического метода ЕЭМИ о состоянии краевой части угленосного массива вокруг выработки, численного моделирования напряженно-деформирования массива вмещающих пород методов конечных элементов [10].

За весь срок эксплуатации подготовительная выработка воспринимает различные по видам и направлению напряжения. Проходка выработки осуществляется в исходном (природном) поле напряжений. Затем выработка подвергается влиянию смежной (спаренной) выработки, вместе они формируют межлавный целик. При отработке верхней лавы происходит перераспределение напряжений за счет большой площади отработки лавы по сравнению с выработкой. Выработка начинает воспринимать перераспределенные напряжения в зоне опорного давления лавы. В результате работ установлен оптимальный размер охранного целика с целью эффективного безремонтного поддержания горной выработки за весь срок ее эксплуатации [11].

Еще один пример – угольный разрез Коркинский (г. Коркино, Челябинская область). В 2012–2015 гг. силами специалистов был реализован полномасштабный геодинамический мониторинг с перспективой расширения параметров контроля [12]. Причиной постановки широкомасштабного мониторинга стало увеличение вероятности техногенной катастрофы в силу многочисленных источников эндогенных пожаров, усложнившейся гидрогеологической обстановки, эрозионными повреждениями бортов угольного разреза и обвальных процессов

на уступах. Также возросла общая сейсмическая активность естественной и техногенной природы.

Для обоснования инженерных мероприятий по управлению напряженным состоянием массива горных пород необходим был надежный прогноз взаимосвязанных гидродинамических, геомеханических, геодинамических процессов. Полноценность анализа и прогноза этих процессов была обеспечена при совместном их рассмотрении в рамках единого гидро-геомеханического подхода к их изучению и схематизации:

- проведение инструментальных маркшейдерских наблюдений по наблюдательным линиям;
- анализ материалов по геологическим и гидрогеологическим особенностям строения прибортовой полосы и геомеханические расчеты устойчивости бортов;
- проведение натурных измерений геофизическими методами (георадиолокационные, электромагнитное профилирование ЕЭМИ, сейсмические);
- комплексный анализ данных геофизических, гидрогеологических и маркшейдерских наблюдений на разрезе Коркинский.

В результате исследований дана оценка максимально возможных границ деформаций прибортовой полосы и разработка рекомендаций по управлению устойчивым состоянием бортов разреза при различных вариантах развития горных работ. Разработаны рекомендации по прокладке новых линий наблюдений в районах активных оползневых процессов и участков, склонных к деформациям. Разработана трехмерная маркшейдерская модель угольного разреза Коркинский. Разработана программа гидрогеологических наблюдений по бортам разреза и программы полномасштабного научного мониторинга.

Закрытие предприятия и переход к его ликвидации не позволил этим мероприятиям реализоваться в полной мере. После закрытия предприятия и окончания добычи горный мониторинг был прекращен. При этом риски геодинамической природы, по мнению авторов, остаются. Ликвидация проходит на основании проекта ликвидации, разработанного по результатам предпроектных исследований.

Но этот подход не все недропользователи практикуют. Ликвидация предприятия достаточно сложный и длительный технический процесс. Недропользователь прибыль от добычи полезного ископаемого уже не получает, а капиталовложения для реализации проекта ликвидации колоссальные. И, как следствие, недобросовестные недропользователи применяют различные способы ухода от обязательств «правильной» ликвидации предприятия в случае его закрытия. Подтверждением тому служат оставленные предприятия в Ростовской области, Кемеровской области (Прокопьевско-Киселевский район и г. Анжеро-Судженск).

В результате, «брошенные» объекты потенциальной опасности ложатся финансовым бременем на бюджеты субъекта федерации или профильные федеральные министерства – Министерство энергетики Российской Федерации, Министерство природы и экологии Российской Федерации, при том, что в настоящее время в отрасли фактически не осталось предприятий с долей государственной собственности.

В качестве мер по качественной ликвидации шахтного и карьерного фонда с минимизацией последствий следует разработать и ввести в действующую «Инструкцию о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с пользованием недрами» (РД 07-291–99) [13] раздел, который бы содержал требования к созданию и ведению мониторинга (геомеханического, гидрогеологического, аэрологического, геодинамического, экологического) на период ликвидации горного предприятия и после окончания ликвидационных работ.

В основе построения систем контроля состояния горного массива, безусловно, должен лежать всесторонний анализ форм и характера рисков развития аварийных ситуаций в процессе отработки месторождения [14] с учетом особенностей фактического строения и состояния горной среды. Предпроектные исследования или анализ должны предусматривать варианты развития тех или иных форм негативных процессов и явлений, сопутствующих подземной и открытой разработке месторождений на основе фактического материала исследований и фактического опыта промышленного освоения территории.

Выводы

Решение указанных задач предусматривает организацию работ по проведению контроля вмещающей среды по комплексу взаимоувязанных между собой блоков, каждый из которых объединяет совокупность базовых методов и видов наблюдений: аналитического; маркшейдерского (деформационного, геодезического) контроля; гидрогеологического и геохимического контроля; газодинамического (аэрологического) контроля; геофизического контроля.

Так, к примеру, используемые инструменты деформационных и геофизических методов контроля в условиях Баренцбургского месторождения на протяжении более 20 лет обеспечивают своевременное оповещение о состоянии горного массива и о переходе его к критическим величинам по параметрам нагружения и деформирования. Функциональная возможность применения этих методов вместе с гибкой схемой временных диапазонов между замерами позволяет в кратчайшие сроки расширить область контроля рисков при выявлении новых объектов негативных процессов.

Кроме того, установлено, что отработка удароопасного угольного пласта «Верхний» приводит к значительным качественным изменениям механизма деформирования всей нагружаемой системы кровля-пласт-почва с резким увеличением доли упругих деформаций налегающей угленосной толщи по отношению к ее пластичным и вязкоупругим деформациям. Это знание, установленное в ходе специально поставленных исследований [15], в свою очередь, стало прорывом и кардинально изменило технологические схемы, используемые при отработке очистных забоев в южном и северном крыльях шахтного поля.

Изыскание оптимальной совокупности средств контроля определяется в ходе реализации аналитического блока и оценки преобладающих форм рисков. Результаты для качественного анализа должны быть объединены в общую информационную среду. Обеспечение геодинамической безопасности осуществляется путем многофакторного мониторинга с выявлением и локализацией форм рисков путем набора всеобъемлющего списка мероприятий и формированием базы данных для последующего контроля не только в ходе добычи полезного ископаемого, но и после окончания этих работ и перехода к ликвидации предприятия. Причем в приоритете рассматривается ликвидация с минимизацией возможности формирования техногенных катастроф на этом участке недр (неконтролируемая ликвидация).

Литература

1. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах»: приказ от 8 дек. 2020 г. № 507 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 18.08.2021).
2. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом»: приказ от 10 нояб. 2020 г. № 436 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 18.08.2021).
3. Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых»: приказ от 8 дек. 2020 г. № 505 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 18.08.2021).
4. РД 06-174-97. Инструкция по безопасному ведению горных работ при комбинированной (совмещенной) разработке рудных и нерудных месторождений полезных ископаемых // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 19.08.2021).
5. Мониторинг геодинамических процессов в горном массиве при подземных, открытых и совмещенных горных работах / Д.В. Яковлев [и др.] // Горная наука: сб. науч. трудов (посвящен 25-летию Северо-Западного отделения Академии горных наук). СПб.: GEOMEX, 2019. С. 36–43.

6. Обеспечение геодинамической безопасности при разработке Баренцбургского угольного месторождения / М.В. Шванкин [и др.] // Записки Горного института. 2012. Т. 198. С. 122–125.
7. Шванкин М.В., Бондарев А.В., Панова Л.М. Анализ интенсивности сейсмических явлений при ведении профилактических и добычных работ на Баренцбургском месторождении // Маркшейдерия и недропользование. 2017. Т. 1. № 4 (90). С. 30–36.
8. Шванкин М.В., Бондарев А.В. Особенности отработки удароопасных пластов в условиях труднообрушаемых кровель // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2019. № 2. С. 81–88.
9. Heidbach, Oliver; Rajabi, Mojtaba; Reiter, Karsten; Ziegler, Moritz; WSM Team: World Stress Map Database Release. 2016. V. 1.1. GFZ Data Services. URL: <https://doi.org/10.5880/WSM.2016.001>.
10. Зенкевич О., Чанг И. Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошных сред. Нью-Йорк, 1967: пер. с англ. А.П. Троицкого, С.В. Соловьева / под ред. Ю.К. Зарецкого. М., Недра, 1974. 240 с.
11. Геомеханическое обоснование устойчивости подготовительных выработок при совместном влиянии очистных работ и природного поля напряжений / Г.Л. Феофанов [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № S48. С. 103–112.
12. Гидрогеомеханическая оценка состояния разреза Коркинский: отчет о НИР / Д.В. Яковлев [и др.]. СПб.: ВНИМИ, 2015. 150 с.
13. РД 07-291–99. Инструкция о порядке ведения работ по ликвидации и консервации опасных производственных объектов, связанных с использованием недрами // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 15.08.2021).
14. Комплексная оценка геодинамических рисков при интенсивной отработке мощных пологих угольных пластов / С.В. Цирель [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № S49. С. 516–524.
15. Роль породной толщи в формировании очагов геодинамических явлений при разработке угольных пластов, на примере Баренцбургского месторождения / М.В. Шванкин [и др.] // Маркшейдерия и недропользование. 2012. № 3. С. 35–40.

УДК 614.841.412

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА ПРОЛИВА ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ, ОБРАЩАЮЩИХСЯ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

**А.В. Красильников, кандидат технических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Статья посвящена вопросу совершенствования методики расчета поражающих факторов пожара пролива горючих жидкостей, обращающихся на опасных производственных объектах нефтегазового комплекса. На основе аналитической информации, полученной экспериментальным методом газожидкостной хроматографии о составе автомобильного бензина, выявлен комплекс ароматических соединений, который был ранжирован в соответствии с величиной среднеповерхностной интенсивности (плотности) теплового излучения пламени. Предложен ряд поправочных коэффициентов, дополняющих современную методологию расчета опасных факторов при реализации сценария пожара пролива горючей жидкости.

Ключевые слова: горючая жидкость, пожар пролива, опасные факторы пожара, интенсивность теплового излучения пламени

IMPROVEMENT OF THE TECHNIQUE FOR THE CALCULATION OF DAMAGING FACTORS DUE TO POOL FIRES OF IGNITABLE LIQUIDS LOCATING AT THE OBJECTS OF THE OIL AND GAS COMPLEX

A.V. Krasilnikov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article is devoted to improvement of the technique for the calculation of damaging factors due to fire spilling of ignitable liquids locating at the objects of the oil and gas complex. On the basis of analytical information obtained by the experimental method of gas-liquid chromatography on the composition of motor gasoline, a complex of aromatic compounds was identified, which has been ranked due to the value of the average emissive power at flame surface. A number of corrective factors have been proposed for the purpose of developing of the modern methodology for calculating damaging factors in the implementation of the scenario of a hydrocarbon pool fire.

Keywords: flammable liquid, spill fire, fire hazards, intensity of thermal radiation of the flame

Современное состояние объектов нефтегазового комплекса характеризуется большими объемами опасных веществ, проходящих различные стадии производственного процесса. Широчайшее использование нефтепродуктов и подобных им горючих жидкостей неизбежно влечет за собой риск чрезвычайных ситуаций [1]. Образование пожароопасных систем возможно, например, при диспергировании горючих жидкостей в атмосферу из-за разгерметизации машин и агрегатов, работающих под давлением [2]. Наличие на таких объектах горючих веществ в сочетании с возможностью воздействия источника зажигания создает условия для реализации различных сценариев пожаров, взрывов, иных аварий с сопутствующим воздействием на людей поражающих факторов. Согласно положениям Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» объекты, на которых обращаются горючие вещества, относятся к категории опасных производственных.

Одна из наиболее крупных аварий произошла в 2020 г. в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре на нефтегазоконденсатном месторождении. В кратком описании содержится следующая информация: при проведении поверки счетчиков с помощью передвижной трубопоршневой установки произошел срыв рукава высокого давления, выброс нефтегазожидкостной эмульсии и ее возгорание с последующим пожаром на площадке дожимной насосной станции (рис. 1). В результате произошедшего пожара один человек погиб, три пострадали, а суммарный ущерб составил более 52 млн руб.



Рис. 1. Последствия аварии от 12 августа 2020 г. на дожимной насосной станции

Перечень опасных факторов пожара законодательно установлен в Федеральном законе от 22 июля 2008 г. № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». В частности, к ним относится тепловой поток, методики расчета которого закреплены в нормативной документации: СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (Свод правил), приказе МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (приказ МЧС России) и ГОСТ 12.3.047–2012 «Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов Общие требования. Методы контроля» (Национальный стандарт). Важно заметить, что нормативные документы отличаются между собой не моделями расчета интенсивности теплового излучения, а степенью информативности.

Во второй половине прошлого столетия приступили к систематической разработке моделей и методик расчета геометрических и тепловых параметров пожаров проливов (pool fires) [3–6]. В статье [7] также был определен критерий для оценки поражающего воздействия теплового излучения на человека. Результаты по оценке и моделированию поражающих факторов пожара пролива горючих жидкостей, полученные отечественными учеными, содержатся в работах [8–10].

Уравнение для расчета теплового потока при реализации сценария пожара пролива представлено ниже:

$$q = E_f F_q \tau,$$

где q – интенсивность теплового излучения кВт/м²; E_f – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт/м²; F_q – угловой коэффициент облученности, ед; τ – коэффициент пропускания атмосферы, ед.

В настоящей публикации проведем расчет величины E_f , которая в Своде правил носит название среднеповерхностной плотности теплового излучения пламени, а в Национальном стандарте и приказе МЧС России – среднеповерхностной интенсивности теплового излучения пламени. Физический смысл от названия не меняется. Существует табличный способ задания данной физической величины, либо на основе экспериментов, либо при помощи эмпирических соотношений:

$$E_f = \frac{0,4 m^{\cdot} H_{ce}}{(1+4\frac{L}{d})}, \quad (1)$$

где m^{\cdot} – удельная массовая скорость выгорания, кг/(м²с); H_{ce} – удельная теплота сгорания, кДж/кг; L – длина пламени, м; 0,4 – коэффициент пропорциональности между зависимой и независимыми переменными; d – диаметр пролива, м.

$$E_f = 140 \cdot e^{-0,12d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12d}), \quad (2)$$

где 140 кВт/м², 20 кВт/м² – плотность теплового излучения соответственно «горячих» и «холодных» пятен поверхности пламени; e – число Эйлера; d – эффективный диаметр пролива, м.

Соотношение (1) рекомендуется применять при отсутствии данных для однокомпонентных жидкостей, формулу (2) для многокомпонентных смесей (нефть, нефтепродукты). Для последних допускается определение E_f по наиболее опасному компоненту. Учитывая то, что при проливе горючих жидкостей образуется зеркало, с поверхности которого выходят наиболее легкие компоненты, то имеет место «дифференцированное» испарение (по Маршаллу). Принимая во внимание физический процесс дифференцированного испарения и логику требования Национального стандарта по определению E_f , приходим к методологическому принципу рассмотрения

многокомпонентной жидкости, как однокомпонентной, с переменным наиболее опасным компонентом. Расчет проводился по соотношению (1).

Удельная массовая скорость выгорания была определена по соотношению:

$$m' = \frac{0.001 H_{c2}}{L_g + C_p(T_b - T_a)}, \quad (3)$$

где H_{c2} – удельная теплота сгорания, кДж/кг; L_g – удельная теплота испарения компонента, кДж/кг; C_p – удельная теплоемкость компонента, кДж/(кг·К); T_b – температура кипения жидкости при атмосферном давлении, К; T_a – температура окружающей среды, К.

Удельные величины теплоты сгорания, теплоты испарения, теплоемкости компонентов, температуры их кипения, входящие в формулу (3), были определены по справочным данным. Методом газохроматографического анализа был установлен состав бензина АИ-95 [11]. Ряд ароматических соединений, идентифицированных в составе бензина АИ-95, представлен в табл. 1, в которой также содержатся данные по температуре кипения T_b и удельной массовой скорости выгорания для каждого соединения в отдельности.

Таблица 1. Удельные массовые скорости выгорания компонентов бензина АИ-95

| Компонент | T_b , К | m' , кг/(м ² ·с) |
|-------------------------|-----------|-------------------------------|
| бензол | 353 | 0,195 |
| толуол | 383 | 0,173 |
| этилбензол | 409 | 0,133 |
| м-ксилол | 412 | 0,155 |
| п-ксилол | 412 | 0,153 |
| о-ксилол | 416 | 0,145 |
| пропилбензол | 432 | 0,138 |
| 1-метил-3(4)-этилбензол | 432 | 0,117 |
| мезитилен | 437 | 0,136 |
| 1-метил-2-этилбензол | 438 | 0,113 |
| псевдокумол | 442 | 0,111 |
| гемеллитол | 448 | 0,107 |
| дурол | 464 | 0,100 |
| изодурол | 471 | 0,097 |

На основе комплекса данных табл. 1 в программном продукте Microsoft Excel был построен график зависимости m' от температуры кипения T_b (рис. 2).

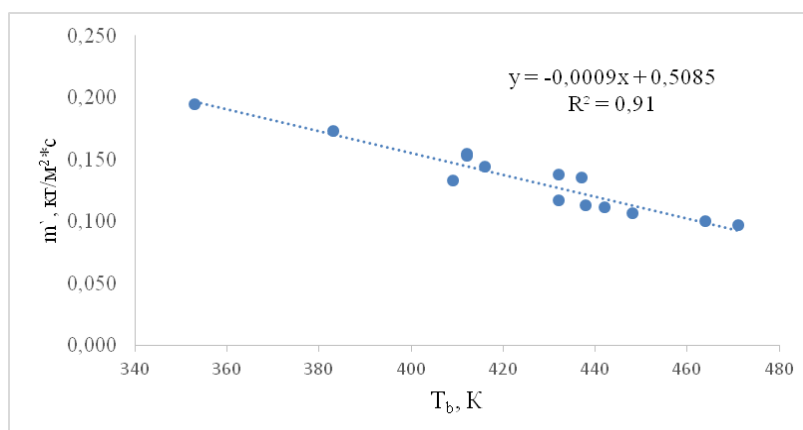


Рис. 2. График зависимости удельной массовой скорости выгорания компонентов от температуры кипения

Уравнение обратной зависимости и коэффициент детерминации R^2 представлены на рис. 2. На графике зависимости видно, что с увеличением температуры кипения массовая скорость выгорания убывает.

Далее определялась величина E_f по соотношению (1). Также, полученный массив данных был сведен в табл. 2.

Таблица 2. Среднеповерхностные интенсивности теплового излучения пламени компонентов бензина АИ-95

| Компонент | T_b , К | E_f , кВт/(м ²) |
|-------------------------|-----------|-------------------------------|
| бензол | 353 | 403 |
| толуол | 383 | 386 |
| этилбензол | 409 | 342 |
| м-ксилол | 412 | 382 |
| п-ксилол | 412 | 366 |
| о-ксилол | 416 | 356 |
| пропилбензол | 432 | 350 |
| 1-метил-3(4)-этилбензол | 432 | 324 |
| мезитилен | 437 | 348 |
| 1-метил-2-этилбензол | 438 | 318 |
| псевдокумол | 442 | 315 |
| гемеллитол | 448 | 309 |
| дурол | 464 | 301 |
| изодурол | 471 | 296 |

На основе комплекса данных табл. 2 в программном продукте Microsoft Excel был построен график зависимости E_f от температуры кипения (рис. 3).

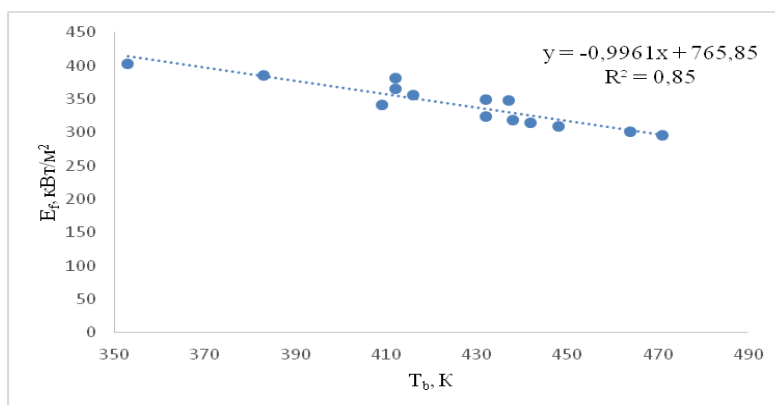


Рис. 3. График зависимости среднеповерхностной интенсивности теплового излучения пламени от температуры кипения

Зависимость описывается линейным уравнением с величиной достоверности аппроксимации $R^2=0,85$.

Для совершенствования существующей методики расчета E_f автором предложен поправочный коэффициент ε_i . По определению ε_i это отношение среднеповерхностной плотности теплового потока наиболее опасного компонента к искомому.

Качественное изменение наиболее опасного компонента влечет за собой перерасчет среднеповерхностной интенсивности теплового излучения с помощью поправочных коэффициентов:

$$\varepsilon_i = \frac{E_{fi}}{E_{fmax}}$$

где ε_i – поправочный коэффициент, ед.; E_{fmax} – среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени i -го компонента из числа идентифицированных, для которого рассчитывается поправочный коэффициент; E_{fmax} – максимальная среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени.

Рассчитаем коэффициент ε_i для псевдокумола, используя данные табл. 2, определим, что максимальная среднеповерхностная интенсивность у бензола, соответственно, $E_{fmax} = 403 \text{ кВт/м}^2$, тогда:

$$\varepsilon_{C9H12} = \frac{E_{fC9H12}}{E_{fmax}} = \frac{315 \text{ кВт/м}^2}{403 \text{ кВт/м}^2} = 0,78$$

Для каждого ароматического соединения был проведен расчет поправочных коэффициентов. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. **Поправочные коэффициенты для ароматических соединений**

| Компонент | T_b , К | ε_i |
|-------------------------|-----------|-----------------|
| бензол | 353 | 1,00 |
| толуол | 383 | 0,96 |
| этилбензол | 409 | 0,85 |
| м-ксилол | 412 | 0,95 |
| п-ксилол | 412 | 0,91 |
| о-ксилол | 416 | 0,88 |
| пропилбензол | 432 | 0,87 |
| 1-метил-3(4)-этилбензол | 432 | 0,80 |
| мезитилен | 437 | 0,86 |
| 1-метил-2-этилбензол | 438 | 0,79 |
| псевдокумол | 442 | 0,78 |
| гемеллитол | 448 | 0,77 |
| дурол | 464 | 0,75 |
| изодурол | 471 | 0,73 |

Как видно из табл. 3, по мере увеличения температуры кипения компонента уменьшается величина поправочного коэффициента, в соответствии с чем ароматические соединения были ранжированы по величине ε_i .

Таким образом, было установлено, что из числа выявленных ароматических соединений наиболее опасным является бензол, также представлен массив данных по поправочным коэффициентам для расчета среднеповерхностной интенсивности теплового излучения пламени при пожаре горючей жидкости.

Литература

1. Галишев М.А. Многоцелевые экспертные технологии по прогнозированию и мониторингу чрезвычайных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса: дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2004. 294 с.
2. Галишев М.А. Исследование пожарной опасности дисперсных систем // Современные проблемы гражданской защиты. 2017. № 1 (22).

3. Orloff L., De Ris J. Froude modeling of pool fires // Symposium (International) on Combustion. Elsevier. 1982. Т. 19. № 1. С. 885–895.

4. Modak A.T. Thermal radiation from pool fires // Combustion and Flame. 1977. Т. 29. С. 177–192.

5. Shokri M., Beyler C.L. Radiation from large pool fires // Journal of Fire Protection Engineering. 1989. Т. 1. № 4. С. 141–149.

6. Koseki H. Combustion properties of large liquid pool fires // Fire Technology. 1989. Т. 25. № 3. С. 241–255.

7. Mudan K.S. Thermal radiation hazards from hydrocarbon pool fires // Prog. Energy Combust. Sci. (United Kingdom). 1984. Т. 10.

8. Шайбаков Р.А. Разработка метода оценки влияния пожара пролива на технологические трубопровод: дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2009. 118 с.

9. Колесников Е.Ю. Количественная оценка неопределенности пожарного риска. Сценарий аварии «Пожар пролива ЛВЖ» // Проблемы анализа риска. 2014. Т. 11. № 4. С. 70–84.

10. Численное моделирование пожара пролива бензина на сливноналивной железнодорожной эстакаде при ветровом воздействии / В.В. Воробьев [и др.] // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2019. № 1. С. 47–55.

11. Красильников А.В. Методика парофазного анализа горючих жидкостей при исследовании аварийных пожароопасных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2019. 160 с.



ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 614.841

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ С МАССОВЫМ ПРЕБЫВАНИЕМ ЛЮДЕЙ

С.Н. Терехин, доктор технических наук, доцент;

О.И. Абзалов;

Б.С. Лимонов, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Дан краткий анализ современного состояния пожарной безопасности торгово-развлекательных центров, установлены актуальные вопросы повышения их пожарной безопасности. Определены основные проблемы пожарной безопасности торгово-развлекательных центров. Определены отступления от нормативных требований по пожарной безопасности проектируемых торгово-развлекательных центров, которые создают наибольшую пожарную опасность. Предложено ограничить предельно допустимую площадь пожарного отсека, установленную в специальных технических условиях на проектирование противопожарной защиты. Предложены решения по установке экранов вокруг проемов в перекрытиях галерей атриумов.

Ключевые слова: пожарная безопасность, пожарный риск, опасные факторы пожара, безопасность людей, противопожарная защита

PROBLEMATIC ISSUES OF ENSURING FIRE SAFETY OF SHOPPING AND ENTERTAINMENT CENTERS

S.N. Terekhin; O.I. Abzalov; B.S. Limonov.

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

The article provides a brief analysis of the current state of fire safety of shopping and entertainment centers, and identifies topical issues of increasing their fire safety. The main problems of fire safety of shopping and entertainment centers have been identified. Deviations from the regulatory requirements for fire safety of the projected shopping and entertainment centers, which create the greatest fire hazard, have been determined. It is proposed to limit the maximum permissible area of the fire compartment established in special technical conditions for the design of fire protection. Solutions for the installation of screens around the openings in the ceiling of the atrium galleries are proposed.

Keywords: fire safety, fire risk, hazardous factors of fire, safety of people, fire protection

На территории России насчитывается более 87 тыс. объектов с массовым пребыванием граждан, из них 11 тыс. попадают на сегодняшний день под обывательское понимание торгового-развлекательного центра (комплекса) (ТРЦ (ТРК)).

В российском законодательстве в настоящее время отсутствует термин или определение ТРЦ (ТРК). В стандарте «Торговля. Термины и определения»¹ прописаны следующие термины и определения:

– торговый центр – совокупность торговых предприятий и/или предприятий по оказанию услуг, реализующих универсальный или специализированный ассортимент товаров и универсальный ассортимент услуг, расположенных на определенной территории в зданиях или строениях, спланированных, построенных и управляемых как единое целое и предоставляющих в границах своей территории стоянку для автомашин;

– торговый комплекс – совокупность торговых предприятий, реализующих товары и оказывающих услуги, расположенные на определенной территории и централизующие функции хозяйственного обслуживания торговой деятельности;

– молл – многофункциональный торгово-развлекательный центр общей площадью от 100 000 м.

Свод правил «Многофункциональные здания. Требования пожарной безопасности»² дает определение многофункционального здания – здание, включающее в свой состав два и более самостоятельных (с возможностью независимого использования) пожарных отсека или части здания различных классов функциональной пожарной опасности, взаимосвязанные друг с другом с помощью планировочных приемов (горизонтальными и/или вертикальными коммуникациями – проходами, переходами, лестницами, галереями и т.п.).

Современный ТРЦ представляет собой большое сложное многоэтажное здание, в котором кроме организации торговли и помещений кинотеатра расположены: концертные залы, выставки, аптеки, помещения для посетителей организаций бытового и коммунального обслуживания с нерасчетным числом посадочных мест для посетителей, физкультурно-оздоровительные комплексы и спортивно-тренировочные учреждения с помещениями без трибун для зрителей, организации общественного питания (в том числе с использованием для приготовления пищи технологического оборудования (типа мангала) на твердом топливе в кухонных помещениях), банки, конторы, офисы, стоянки автомобилей, гостиницы, апартаменты, станция метрополитена.

Отсутствие нормативных требований по пожарной безопасности для ТРЦ, в полной мере отражающих современные тенденции строительства, особенности объемно-планировочных и конструктивных решений зданий приводит к необходимости разработки специальных технических условий на проектирование противопожарной защиты (СТУ) для значительного числа ТРЦ, учитывающих их специфические особенности с учетом многофункционального назначения.

Требования, содержащиеся в СТУ, после их согласования становятся обязательными для исполнения на конкретном объекте защиты, также СТУ являются обязательным нормативным документом для проектирования системы противопожарной защиты конкретного объекта.

Целью настоящей статьи является обсуждение назревших проблем, разработка и обоснование решений обеспечения пожарной безопасности ТРЦ.

Анализ последствий пожаров в ТРЦ

Анализ пожаров в ТРЦ показывает, что при относительно малом количестве пожары в таких зданиях могут привести к тяжким последствиям, вызывающим общественный резонанс. Ниже приведены данные по ряду крупных пожаров в ТРЦ России за последние годы (рис. 1):

¹ ГОСТ Р 51303–2013. Торговля. Термины и определения. М.: ВНИИС, 2013.

² СП 456.1311500.2020. Многофункциональные здания. Требования пожарной безопасности. М.: ВНИИПО, 2020.

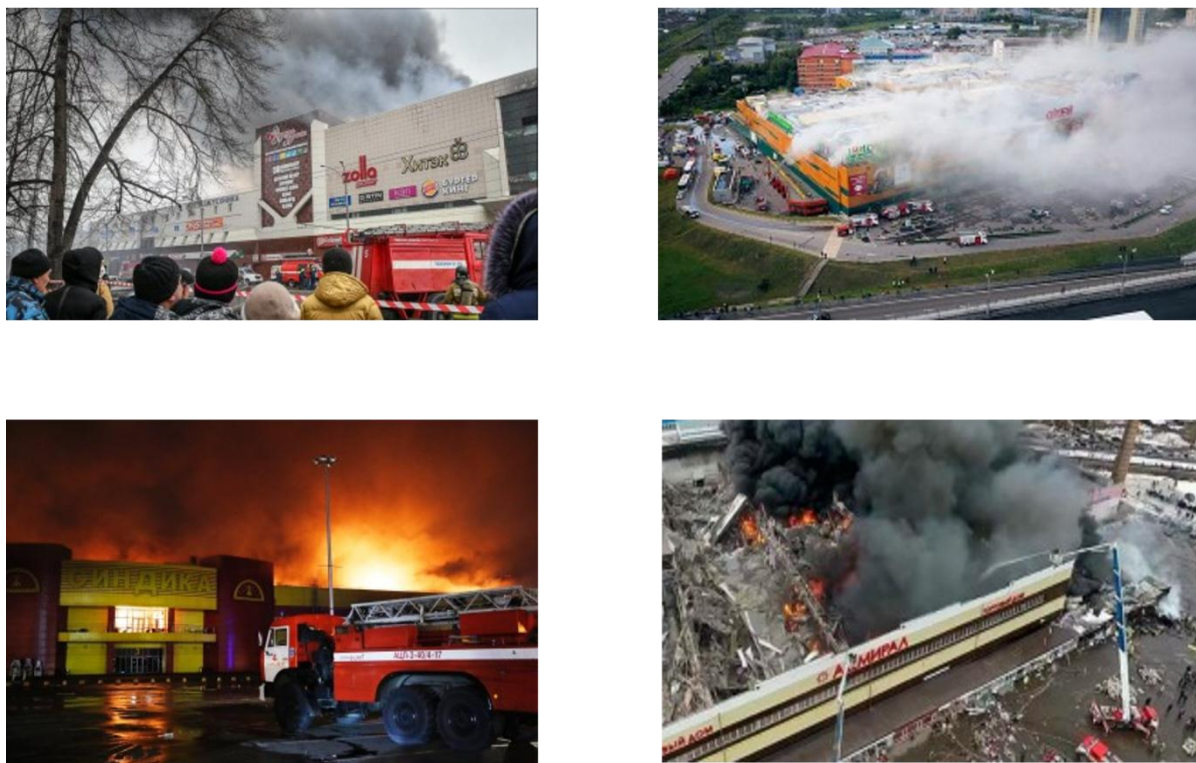


Рис. 1. Крупные пожары в ТРЦ России за последние годы

11 июля 2005 г., г. Ухта (Республика Коми), ТЦ «Пассаж»: погибло 25 чел., пострадало 10 чел. Причина пожара – умышленный поджог.

16 января 2006 г., Владивосток, девятиэтажное здание института «ПромстройНИИпроект» (функционировало как торгово-офисный центр): погибло 7 чел., пострадало 16 чел.

22 января 2011 г., г. Уфа, ТРЦ «Европа»: погибло 2 чел. (35-летний рабочий и 17-летняя школьница), пострадало 15 чел. Площадь горения составила около 9 тыс. м². Причина пожара – нарушение правил пожарной безопасности при проведении ремонтных работ.

6 мая 2011 г., г. Самара, магазин «Кооператор»: огонь охватил как помещения магазина, так и часть девятиэтажного жилого дома (в котором располагался магазин), погибло 5 чел., пострадало 39 чел. Общая площадь пожара составила 2,5 тыс. м². Причина пожара – короткое замыкание в электросети освещения.

25 декабря 2014 г., г. Оренбург, ТЦ «Армада»: погибло 2 чел., пострадало 3 чел. Причина пожара – нарушения правил пожарной безопасности.

11 марта 2015 г., г. Казань, ТЦ «Адмирал»: погибло 19 чел., пострадало свыше 70 чел. Причина пожара – использование в качестве торгового центра здания, не предназначенного для этого, а также грубейшие нарушения требований пожарной безопасности.

8 октября 2017 г., Московская обл., ТЦ «Синдика»: пострадало 3 чел., эвакуировано более 3 тыс. чел. Площадь пожара превысила 55 тыс. м².

10 июля 2017 г., Москва, ТЦ «РИО»: пострадало 18 чел., эвакуировано более 3 тыс. чел. Площадь пожара превысила 1 тыс. м².

9 октября 2017 г., г. Ростов-на-Дону, рынок «Восточный»: площадь пожара 6 тыс. м², погибших и пострадавших нет.

8 декабря 2017 г., Раменский район Московской обл., ТЦ «Аист»: погибло 3 чел., пострадал 1 чел., эвакуировано 10 чел. Площадь пожара составила 600 м².

25 марта 2018 г., г. Кемерово, ТРЦ «Зимняя Вишня»: погибло 64 чел., пострадало 140 чел. Очаг пожара находился на верхнем этаже, где были расположены несколько кинозалов и детские игровые зоны с аттракционами.

По поручению Правительства Российской Федерации от 28 марта 2018 г. № ДМ-П4-1776 в апреле–июне 2018 г. МЧС России организованы и проведены масштабные проверки соблюдения требований пожарной безопасности на 87 тыс. объектах с массовым пребыванием людей, в ходе которых на 31 тыс. объектов (более 50 % от проверенных) выявлено 270 тыс. нарушений противопожарных требований.

Результаты проверочных мероприятий на объектах с массовым пребыванием людей показали, что сложившаяся система контроля на данных объектах не отвечает поставленным перед ней задачам.

Проводимая с 2004 г. реформа градостроительного законодательства (принятие Градостроительного кодекса Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ), а также изменения в отдельные законодательные акты Российской Федерации (Федеральный закон от 18 декабря 2006 г. № 232-ФЗ) привела к тому, что с 1 января 2007 г. органы федерального государственного пожарного надзора утратили полномочия по контролю за проектированием, строительством и приемкой в эксплуатацию объектов защиты. Нормативно-правовое регулирование правоотношений в данной области нуждается в срочном совершенствовании, что обусловлено наличием пожаров и большим количеством человеческих жертв на данных объектах.

Техническое регулирование в области обеспечения пожарной безопасности на современном этапе

В целях защиты жизни и здоровья, имущества граждан, юридических лиц, государственного и муниципального имущества от пожаров принят Федеральный закон от 22 июня 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»³ (Технический регламент). В то же время актуальность разработки технического регламента в области пожарной безопасности обусловлена, прежде всего, необходимостью наведения порядка в массе документов, которые регулируют деятельность в этой сфере.

Реализация положений Технического регламента позволит обеспечить соответствующий современному состоянию развития общества и экономики уровень защиты от пожаров, создаст необходимые условия для реализации конституционных прав собственников объектов по выбору вариантов противопожарной защиты. Один из ключевых аспектов Технического регламента – устранение избыточных технических и административных барьеров в области пожарной безопасности.

Техническим регламентом введены понятия допустимого пожарного риска, индивидуального пожарного риска и социального пожарного риска. Пожарный риск – мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей. Индивидуальный пожарный риск – пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара. Социальный пожарный риск – степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара.

Определение расчетных величин пожарного риска осуществляется на основании⁴:

³ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ принят Гос. Думой Федер. Собрания Рос. Федерации 4 июля 2008 г., одобрен Советом Федерации Федер. Собрания Рос. Федерации 11 июля 2008 г. (в ред. Федер. закона от 30 апр. 2021 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

⁴ О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска: постановление Правительства Рос. Федерации от 22 июля 2020 г. № 1084. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

- а) анализа пожарной опасности объекта защиты;
- б) определения частоты возникновения пожара (частоты реализации пожароопасных ситуаций);
- в) построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;
- г) оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;
- д) учета состава системы обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений;
- е) учета степени опасности для группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара, ведущих к гибели 10 человек и более, при проведении расчета по оценке социального пожарного риска.

Определение расчетных величин пожарного риска заключается в расчете индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в здании.

Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота воздействия опасных факторов пожара на человека, находящегося в здании. Перечень опасных факторов пожара установлен ст. 9 Технического регламента. Результаты и выводы, полученные при определении пожарного риска, используются для обоснования параметров и характеристик зданий, сооружений и строений, которые учитываются в Методике⁵.

Уровень обеспечения безопасности людей при пожарах отвечает требуемому уровню, если:

$$Q_B \leq Q_B^H,$$

где Q_B^H – нормируемый индивидуальный риск, $Q_B^H = 10^{-6} \text{ год}^{-1}$; Q_B – расчетный индивидуальный риск.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска для Q_B в зданиях (за исключением классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4) рассчитывается по формуле:

$$Q_{B,i} = Q_{п,i} (1 - K_{ап,i}) P_{пр,i} (1 - P_{э,i}) (1 - K_{п.з,i}).$$

В случае если расчетная величина индивидуального пожарного риска превышает нормативное значение, в здании следует предусмотреть дополнительные противопожарные мероприятия, направленные на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

К числу противопожарных мероприятий, направленных на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, относятся:

- применение дополнительных объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара;
- устройство дополнительных эвакуационных путей, отвечающих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;
- устройство систем оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей повышенного типа;
- применение систем противодымной защиты от воздействия опасных факторов пожара;
- ограничение количества людей в здании до значений, обеспечивающих безопасность их эвакуации из здания.

⁵ Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности, утв. приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 (зарег. в Минюсте России 6 авг. 2009 г. № 14486 (в ред. приказов МЧС России от 12 дек. 2011 г. № 749 и от 2 дек. 2015 г. № 632). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Таким образом, снижение рисков на этапе проектирования должно происходить за счет моделирования максимального количества различных чрезвычайных ситуаций (сценариев пожара) с учетом совокупного фактора и причинно-следственных связей [1].

Моделирование динамики опасных факторов пожара при расчете пожарного риска производится с применением следующих математических моделей динамики прогнозирования опасных факторов пожара при расчете пожарного риска [2]:

1. Интегральная математическая модель пожара.
2. Зонная математическая модель пожара.
3. Полевая (дифференциальная) математическая модель пожара.

Анализ некоторых проблемных вопросов пожарной безопасности для зданий ТРЦ

1. Атриумы и пассажи в ТРЦ.

Здания с атриумами, пассажирами обладают повышенной пожарной опасностью за счет усиленного притока воздуха в конвективную колонку, распространяющуюся над очагом пожара, и увеличения расходов дыма в поперечном сечении колонки с ростом высоты сечения над очагом пожара. Особенно этот процесс усиливается в местах огибания струей продуктов горения строительных конструкций галерей, балконов этажей, расположенных выше уровня очага пожара [3, 4].

Необходимо «перехватывать» продукты горения до выхода струи дыма в атриум с помощью клапанов дымоудаления, устанавливаемых на каждом этаже (галереи атриума) [5, 6].

2. Деление зданий ТРЦ на пожарные отсеки.

При проектировании ТРЦ встречаются случаи превышения нормативной площади пожарных отсеков в несколько раз. При этом применяются различные дополнительные противопожарные мероприятия: противопожарные шторы, дренчерные завесы и т.п. Отсутствуют данные по надежности выполнения задачи соответствующими элементами средств противопожарной защиты (СПЗ). При наличии данных по надежности элементов СПЗ и затратам на их выполнение возможно определить максимально допустимую площадь пожарного отсека. В работе [7] показано, как на примере использования автоматических установок пожаротушения (АУП) можно экономически обосновано увеличивать площадь пожарных отсеков. Возможны и другие подходы к расчетному обоснованию площадей пожарных отсеков [8]. Поэтому было бы целесообразно ввести в нормы коэффициент увеличения площади пожарного отсека в ТРЦ в прямой зависимости от выбранного дополнительного противопожарного мероприятия.

3. Размещение детских игровых зон в ТРЦ.

В настоящее время предусматривается размещение детских игровых зон не выше второго этажа ТРЦ без предъявления специальных требований к эвакуационным выходам.

При проведении расчетов пожарного риска и при выполнении определенных условий возможно допустить размещение детских игровых зон на третьем этаже ТРЦ. Такими условиями может быть выполнение следующих противопожарных мероприятий [9]:

- ограничить количество детей в детской игровой зоне по результатам соответствующих расчетов;

- предусмотреть в соответствии с расчетом, но не менее четырех эвакуационных выходов с этажа размещения детских игровых зон, два из них выполнить обособленными;

- в игровых зонах не должно использоваться оборудование из вспененного полиуритана;
- отделка пола, стен и потолков должна быть обеспечена не ниже класса материалов КМ2.

Помещения детских игровых зон должны защищаться [9]:

- водяной АУП с интенсивностью орошения не менее 0,12 л/с на м² в течение не менее 60 мин;

- системой противодымной вентиляции;

- адресной системой пожарной сигнализации на дымовых пожарных извещателях;

- системой оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) не ниже 3-го типа;
- должно обеспечиваться отключение систем общеобменной вентиляции при срабатывании систем противопожарной защиты.

Выводы

1. Ниже приведены отступления от нормативных требований по пожарной безопасности проектируемых ТРЦ, которые в первую очередь создают наибольшую пожарную опасность:

- наличие многосветных помещений (пространств), в том числе предназначенных для размещения эскалаторов и открытых лестниц, в связи с чем значительно превышает суммарная площадь этажей в пределах пожарного отсека;
- деление зданий на пожарные отсеки, включающие пассажи, атриумы;
- устройство на объекте предприятий общественного питания с использованием для приготовления пищи технологического оборудования (типа мангала) на твердом топливе в кухонных помещениях ресторана;
- проектирование антресолей;
- определение расхода воды для целей наружного пожаротушения зданий объемом более 150 тыс. м³.

2. В рамках анализа противопожарного состояния ТРЦ установлено, что основные проблемы обеспечения пожарной безопасности связаны с приспособлением для подобных целей зданий иных классов функциональной пожарной опасности.

3. Предлагается включить в нормативные требования по ТРЦ ограничения по предельно допустимой максимальной площади пожарного отсека относительно принятых нормативных значений, обеспеченной дополнительными противопожарными мероприятиями, устанавливаемыми в СТУ.

4. Необходимость установки экранов вокруг проемов в перекрытиях под галереями атриумов должны быть обоснованы в проекте расчетными методами с учетом объемно-планировочных решений ТРЦ, выбранных сценариев пожара.

5. Определены условия размещения детских игровых зон (детских центров) выше второго этажа здания ТРЦ.

Литература

1. Анализ нарушений нормативных требований в области пожарной безопасности, прогнозирование и экспертное исследование их последствий: учеб. пособие / Н.В. Петрова [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017. 158 с.
2. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб. пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.
3. Федоринов А.В. Исследование и обоснование выбора противопожарной защиты общественных зданий с большими внутренними объемами: атриумы: дис. ... канд. техн. наук. М., 2002. 123 с.
4. Hansenand G.O., Morgan H.P. Design approaches for smoke control in atrium buildings // Building research establishraten report. CI/sfb 981 (1<23). 1994.
5. Мироненко Р.В. Ограничение распространения пожара через многосветные помещения по зданиям торгово-развлекательных центров: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2017. 24 с.
6. Мироненко Р.В., Кирюханцев Е.Е. Условия развития пожара через многосветные помещения // Пожарная безопасность. 2017. № 2. С. 108–113.
7. Присадков В.И. Разработка методов выбора рациональных вариантов систем противопожарной защиты промышленных зданий: дис. ... д-ра техн. наук. М., 1990. 540 с.
8. Пронин Д.Г. Научно-техническое обоснование размеров пожарных отсеков в зданиях и сооружениях. М.: Пожнаука, 2014. 104 с.
9. Присадков В.И., Муслакова С.В., Фадеев В.Е. К вопросу обеспечения пожарной безопасности торгово-развлекательных центров // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. 1 (34).

УДК 331.43

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СРЕДСТВ КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ РАБОТНИКОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ

А.Ю. Андриюшкин, кандидат технических наук, доцент;

С.А. Мещеряков.

**Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова.**

Е.Н. Кадочникова, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложены технические решения теплоизоляционных конструкций средств коллективной защиты с многослойными стенками, обеспечивающими локализацию интенсивных тепловых потоков. Проведен сравнительный анализ многослойных теплоизоляционных стенок средств коллективной защиты работников машиностроения. Представлен расчет термического сопротивления конструкции для четырех вариантов пятислойной плоской стенки одинаковой толщины. Показана значительная эффективность применения в многослойных теплоизоляционных стенках газонаполненных пластмасс и воздушных прослоек с отражающими поверхностями.

Ключевые слова: средство коллективной защиты, газонаполненная пластмасса, воздушная прослойка, отражающая поверхность, многослойная теплоизоляционная стенка

IMPROVEMENT OF THERMAL INSULATION STRUCTURES OF COLLECTIVE PROTECTION OF MECHANICAL ENGINEERING WORKERS

A.Yu. Andryushkin; S.A. Meshcheryakov.

Baltic state technical university «VOENMEH» of D.F. Ystinov.

E.N. Kadochnikova. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article offers technical solutions for thermal insulation structures of collective protection means with multilayer walls providing localization of intense heat flows. A comparative analysis of multilayer thermal insulation walls of collective protection equipment for machine-building workers is carried out. The calculation of the thermal resistance of the structure for four versions of the five-layer flat wall of the same thickness is presented. The significant effectiveness of the use of gas-filled plastics and air layers with reflective surfaces in multilayer thermal insulation walls is shown.

Keywords: means of collective protection, gas-filled plastic, air layer, reflective surface, multilayer thermal insulation wall

На машиностроительных предприятиях актуально снижение количества рабочих мест с опасными и вредными условиями труда, создание безопасных рабочих мест. Система стандартов безопасности труда (ССБТ) устанавливает требования к производственному оборудованию, технологическим процессам и средствам защиты работников от опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ). По ГОСТ 12.0.003–2015 к активным ОВПФ относятся факторы, оказывающие воздействие на человека посредством заключенных в них

энергетических ресурсов. Активными ОВПФ являются термические факторы, характеризующиеся тепловой энергией и аномальной температурой. К ним относятся температура нагретых предметов и поверхностей; температура открытого огня, а также пожара, химических реакций и других источников; аномальная температура воздуха. Ярко выраженные термические факторы наблюдаются в технологических процессах литейных, кузнечнопрессовых, сварочных и термических производствах, они обусловлены нагреванием изделий и материалов до высоких температур. Производственные помещения, где явное удельное тепловыделение превышает 23 Вт/м^3 , относят к горячим помещениям или цехам. Избыточные тепловыделения создают тяжелые условия труда для работников, приводят к ухудшению их самочувствия, обуславливают снижение эффективности труда работников. Резкое повышение температуры воздуха и интенсивный нагрев поверхностей на рабочих местах наблюдается при выполнении операций плавки, разливки, формовки, штамповки,ковки, при извлечении металлических заготовок после термической обработки (отпуск, отжиг, закалка) в высокотемпературных печах. Операции сушки и отверждения материалов также связаны с воздействием высоких температур на работников. Избыточные тепловыделения являются основным фактором, ухудшающим условия труда работников и обуславливающим пожаровзрывоопасность.

Средства защиты работников от ОВПФ по ГОСТ 12.4.011–89 разделены на две группы: средства коллективной защиты (СКЗ) и средства индивидуальной защиты (СИЗ). СКЗ применяются для предотвращения или уменьшения воздействия ОВПФ в тех случаях, когда в процессе работы могут возникнуть ОВПФ, воздействие которых на работников в определенных условиях может привести к травме, резкому ухудшению здоровья, заболеванию. СИЗ применяют в тех случаях, когда безопасность работ не может быть обеспечена конструкцией оборудования, организацией производственных процессов и СКЗ.

К СКЗ от термических факторов относятся стационарные и передвижные перегородки, экраны и кожухи, а также теплоизоляция нагретых поверхностей оборудования, трубопроводов и воздухопроводов. СКЗ в горячих помещениях предохраняют строительные конструкции и материалы от воспламенения. В случае возникновения пожара или взрыва огнестойкость строительных конструкций должна обеспечивать необходимое время эвакуации – время, в течение которого возможна эвакуация работников в безопасных условиях.

Теплоизоляционные стенки СКЗ по применяемым материалам и конструктивному исполнению весьма разнообразны и могут осуществлять один или несколько способов локализации теплового потока: теплоотражение, теплопоглощение и теплоотвод. В случае изготовления СКЗ с однослойной стенкой превалирует только один способ защиты от теплового потока. Для повышения эффективности СКЗ от интенсивных тепловых потоков перспективно применение многослойных теплоизоляционных стенок с наполнителем из газонаполненных пластмасс (ГНПМ) (пенополиэтилен, пенополиуретан, пенорезина, пенополипропилен, пенополистирол). ГНПМ характеризуются коэффициентом теплопроводности $0,025\text{--}0,200 \text{ Вт/(м К)}$ в диапазоне рабочих температур $50\text{--}150 \text{ }^\circ\text{C}$ и низкой плотностью, что обеспечивает конструкции малый вес и высокое термическое сопротивление. Также термическое сопротивление многослойной теплоизоляционной стенки повышает воздушная прослойка с отражающими поверхностями, имеющими низкий коэффициент излучения. Поэтому актуальной задачей является анализ выполненных из различных материалов многослойных теплоизоляционных стенок средств коллективной защиты [1–13].

По действующим нормативам температура на холодной поверхности теплоизоляционной стенки не может превышать $45 \text{ }^\circ\text{C}$.

Для расчета теплоизоляции оборудования и трубопроводов используют уравнения стационарной теплопередачи через плоские поверхности. Теплопередача теплоизолированной

плоской стенки, состоящей из $N_{\text{сл}}$ слоев, включающей конструкционные, теплоизоляционные, защитные слои (рис. 1) [1, 2, 5–9, 13, 14]:

$$q_{\text{ТС}} = \frac{t_{\text{Н}} - t_{\text{Х}}}{R_{\text{ТС}}} = \frac{t_{\text{Н}} - t_{\text{Х}}}{R_{\text{Н}} + R_{\text{КС}} + R_{\text{Х}}} = \frac{t_{\text{Н}} - t_{\text{Х}}}{R_{\text{Н}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{сл}}} R_{\text{Сли}} + R_{\text{Х}}} = \frac{t_{\text{Н}} - t_{\text{Х}}}{\frac{1}{\alpha_{\text{Н}}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{сл}}} \left(\frac{h_{\text{Сли}}}{\lambda_{\text{Сли}}} \right) + \frac{1}{\alpha_{\text{Х}}}}, \quad (1)$$

где $q_{\text{ТС}}$ – поверхностная плотность теплового потока через теплоизолированную плоскую стенку, Вт/м²; $R_{\text{ТС}}$ – термическое сопротивление теплоизолированной плоской стенки, (м²·°С)/Вт; $t_{\text{Н}}$, $t_{\text{Х}}$ – температура среды со стороны нагретой и холодной поверхности теплоизолированной стенки, °С; $R_{\text{КС}}$ – термическое сопротивление конструкции плоской стенки, (м²·°С)/Вт; $R_{\text{Н}}$ – термическое сопротивление теплоотдаче на нагретой поверхности теплоизолированной стенки, (м²·°С)/Вт; $R_{\text{Х}}$ – термическое сопротивление теплоотдаче на холодной поверхности теплоизолированной стенки, (м²·°С)/Вт; $R_{\text{Сли}}$ – термическое сопротивление i -го слоя конструкции плоской стенки, (м²·°С)/Вт; $\alpha_{\text{Н}}$, $\alpha_{\text{Х}}$ – коэффициент теплоотдачи нагретой и холодной поверхности теплоизолированной стенки, Вт/(м²·°С); $N_{\text{сл}}$ – число слоев в конструкции стенки, шт; $h_{\text{Сли}}$ – толщина i -го слоя конструкции стенки, м; $\lambda_{\text{Сли}}$ – коэффициент теплопроводности материала i -го слоя конструкции стенки, Вт/(м·°С).

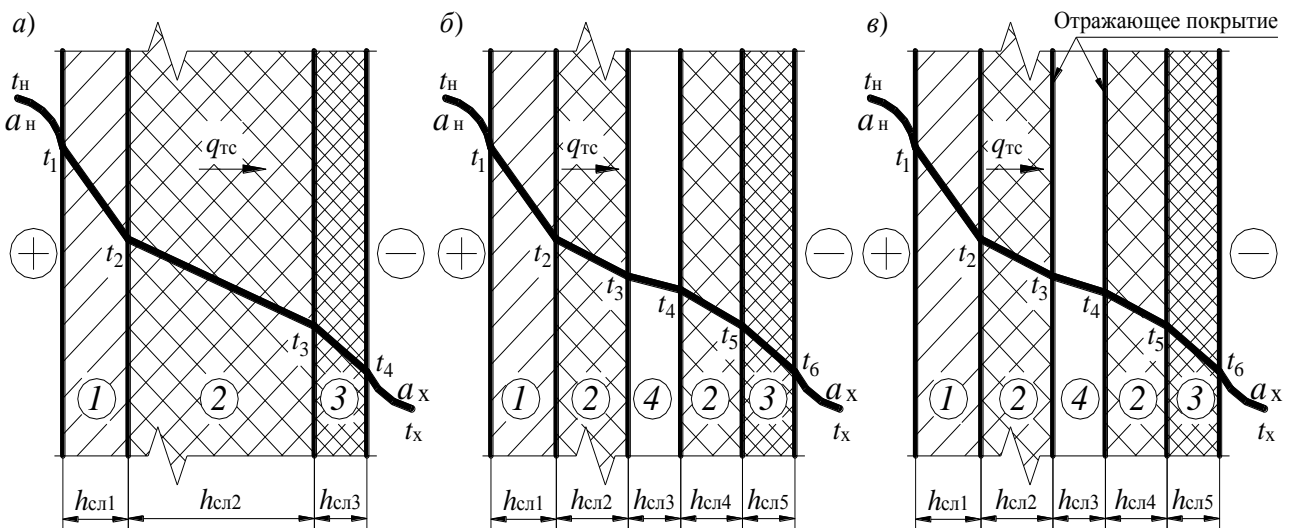


Рис. Теплоизолированная плоская стенка:

a – многослойная теплоизоляция без воздушной прослойки; ***б*** – многослойная теплоизоляция с воздушной прослойкой; ***в*** – многослойная теплоизоляция с воздушной прослойкой и с отражающими поверхностями; **1** – металлическая стенка оборудования; **2** – теплоизоляция; **3** – наружная оболочка; **4** – воздушная прослойка; t_i – температура на нагретой поверхности i -го слоя плоской стенки; $h_{\text{Сли}}$ – толщина i -го слоя плоской стенки; $\alpha_{\text{Н}}$, $\alpha_{\text{Х}}$ – коэффициент теплоотдачи нагретой и холодной поверхности теплоизолированной стенки; $t_{\text{Н}}$, $t_{\text{Х}}$ – температура среды со стороны нагретой и холодной поверхности теплоизолированной стенки; $q_{\text{ТС}}$ – поверхностная плотность теплового потока через теплоизолированную плоскую стенку

Температура на нагретой поверхности i -го слоя плоской стенки [1, 2, 5–9, 13, 14]:

$$t_{\text{Сли}} = t_{\text{Н}} - \frac{t_{\text{Н}} - t_{\text{Х}}}{R_{\text{ТС}}} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{Н}}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{сл}}-1} R_{\text{Сли}} \right) = t_{\text{Н}} - \frac{t_{\text{Н}} - t_{\text{Х}}}{R_{\text{ТС}}} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{Н}}} + \sum_{i=1}^{N_{\text{сл}}-1} \left(\frac{h_{\text{Сли}}}{\lambda_{\text{Сли}}} \right) \right), \quad (2)$$

где $t_{\text{Сли}}$ – температура на нагретой поверхности i -го слоя конструкции плоской стенки, °С.

В конструкцию плоской стенки могут быть включены воздушные прослойки (рис. б, в). Тогда термическое сопротивление конструкции плоской стенки, включающей конструкционные, теплоизоляционные, защитные слои и воздушные прослойки [1, 2, 5–9, 13, 14]:

$$R_{\text{КС}} = \sum_{i=1}^{N_{\text{СЛ}} - N_{\text{ВП}}} \left(\frac{h_{\text{СЛ}i}}{\lambda_{\text{СЛ}i}} \right) + \sum_{i=1}^{N_{\text{ВП}}} (R_{\text{ВП}i}), \quad (3)$$

где $N_{\text{ВП}}$ – число воздушных прослоек в конструкции стенки, шт; $R_{\text{ВП}i}$ – термическое сопротивление i -й воздушной прослойки, расположенной параллельно слоям конструкции стенки, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$.

Термическое сопротивление воздушной прослойки $R_{\text{ВП}}$ [1, 2, 5–9, 13, 14]:

$$R_{\text{ВП}} = \frac{t_{\text{НПВП}} - t_{\text{ХПВП}}}{q_{\text{ВП}}} = \frac{t_{\text{НПВП}} - t_{\text{ХПВП}}}{q_{\text{ИЗЛ}} + q_{\text{ТЕП}} + q_{\text{КОН}}} = \frac{t_{\text{НПВП}} - t_{\text{ХПВП}}}{q_{\text{ИЗЛ}} + \frac{\lambda_{\text{ТЕПВП}} + \lambda_{\text{КОНВП}}}{h_{\text{ВП}}} \cdot (t_{\text{НПВП}} - t_{\text{ХПВП}})}, \quad (4)$$

где $t_{\text{НПВП}}$ – температура на нагретой поверхности воздушной прослойки, °C; $t_{\text{ХПВП}}$ – температура на холодной поверхности воздушной прослойки, °C; $q_{\text{ВП}}$ – плотность теплового потока через воздушную прослойку $\text{Вт}/\text{м}^2$; $q_{\text{ИЗЛ}}$, $q_{\text{ТЕП}}$, $q_{\text{КОН}}$ – поверхностная плотность теплового потока, передаваемого излучением, теплопроводностью и конвекцией через воздушную прослойку, $\text{Вт}/\text{м}^2$; $\lambda_{\text{ТЕПВП}}$ – коэффициент теплопроводности неподвижного воздуха в воздушной прослойке, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$; $\lambda_{\text{КОНВП}}$ – коэффициент конвективной теплоотдачи в воздушной прослойке, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$; $h_{\text{ВП}}$ – толщина воздушной прослойки, м.

Поверхностная плотность теплового потока передаваемого излучением через воздушную прослойку без отражающих покрытий [1, 2, 5–9, 13, 14]:

$$q_{\text{ИЗЛ}} = C_{\text{ПР}} \cdot \left[\left(\frac{t_{\text{НПВП}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{ХПВП}} + 273}{100} \right)^4 \right], \quad (5)$$

где $C_{\text{ПР}}$ – приведенный коэффициент излучения, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K}^4)$.

$$C_{\text{ПР}} = \frac{1}{\frac{1}{C_{\text{НПВП}}} + \frac{1}{C_{\text{ХПВП}}} - \frac{1}{C_{\text{АЧТ}}}} = \frac{C_{\text{АЧТ}}}{\left(\frac{1}{\varepsilon_{\text{НПВП}}} + \frac{1}{\varepsilon_{\text{ХПВП}}} - 1 \right)}, \quad (6)$$

где $C_{\text{ХПВП}}$, $C_{\text{НПВП}}$, $C_{\text{АЧТ}}$ – коэффициент излучения холодной поверхности воздушной прослойки, нагретой поверхности воздушной прослойки, абсолютно черного тела соответственно, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K}^4)$; $\varepsilon_{\text{ХПВП}}$, $\varepsilon_{\text{НПВП}}$ – коэффициент теплового излучения (степень черноты) холодной поверхности воздушной прослойки, нагретой поверхности воздушной прослойки.

Поверхностная плотность теплового потока передаваемого излучением через воздушную прослойку с отражающими покрытиями (рис. в) [1, 2, 5–9, 13, 14]:

$$q_{\text{ИЗЛ}} = C_{\text{ПР}} \cdot \left[\left(\frac{t_{\text{НПВП}} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{ХПВП}} + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{C_{\text{ХПВП}}}{C_{\text{АЧТ}}} \right)^2 \cdot \left(1 - \frac{C_{\text{НПВП}}}{C_{\text{АЧТ}}} \right) \right]. \quad (7)$$

По выражениям (1–7) проведем сравнение термического сопротивления конструкции многослойной плоской стенки, имеющей одинаковую толщину, но различный состав слоев (рисунок) [14].

Целью расчета является получение температуры на холодной поверхности плоской стенки для обоснования применения материалов с высоким термическим сопротивлением и воздушных прослоек с отражающими покрытиями в конструкциях средств коллективной защиты.

Расчет термического сопротивления конструкции проведен для четырех вариантов пятислойной плоской стенки одинаковой толщины:

№ 1: без воздушной прослойки с высоким коэффициентом теплопроводности керамзитной теплоизоляции (рис. а);

№ 2: без воздушной прослойки с низким коэффициентом теплопроводности пенополиуретановой теплоизоляции (рис. а);

№ 3: с воздушной прослойкой без отражающих поверхностей (рис. б);

№ 4: с воздушной прослойкой и с отражающими поверхностями (рис. в).

Таблица. Результаты расчета термического сопротивления четырех вариантов конструкций пятислойной плоской стенки одинаковой толщины

| № конструкции | Температура на нагретой поверхности, °С | Характеристика слоев конструкции | | | | | Температура на холодной поверхности, °С |
|---------------|---|---|--|---|---|---|---|
| | | Слой 1 | Слой 2 | Слой 3 | Слой 4 | Слой 5 | |
| 1 | 70 | Материал: сталь $h_{сл}=0,01$ м; $\lambda_{сл}=46$ Вт/(м·°С) | Материал: керамзит $h_{сл}=0,02$ м; $\lambda_{сл}=0,12$ Вт/(м·°С) | Материал: керамзит $h_{сл}=0,02$ м; $\lambda_{сл}=0,12$ Вт/(м·°С) | Материал: керамзит $h_{сл}=0,02$ м; $\lambda_{сл}=0,12$ Вт/(м·°С) | Материал: полиэтилен $h_{сл}=0,005$ м; $\lambda_{сл}=0,32$ Вт/(м·°С) | 39 |
| 2 | 150 | Материал: сталь $h_{сл}=0,01$ м; $\lambda_{сл}=46$ Вт/(м·°С) | Материал: ППУ $h_{сл}=0,02$ м; $\lambda_{сл}=0,03$ Вт/(м·°С) | Материал: ППУ $h_{сл}=0,02$ м; $\lambda_{сл}=0,03$ Вт/(м·°С) | Материал: ППУ $h_{сл}=0,02$ м; $\lambda_{сл}=0,03$ Вт/(м·°С) | Материал: полиэтилен $h_{сл}=0,005$ м; $\lambda_{сл}=0,32$ Вт/(м·°С) | 29 |
| 3 | 70 | Материал: сталь $h_{сл}=0,01$ м; $\lambda_{сл}=46$ Вт/(м·°С) | Материал: керамзит $h_{сл}=0,02$ м; $\lambda_{сл}=0,12$ Вт/(м·°С) | Материал: воздух $h_{сл}=0,02$ м; $(\lambda_{тепвл}+\lambda_{тепвл})=$ $0,028$ Вт/(м·°С); $C_{хпвп}=C_{нпвп}=5$ Вт/(м ² ·К ⁴) | Материал: керамзит $h_{сл}=0,02$ м; $\lambda_{сл}=0,12$ Вт/(м·°С) | Материал: полиэтилен $h_{сл}=0,005$ м; $\lambda_{сл}=0,32$ Вт/(м·°С) | 41,2 |
| 4 | 70 | Материал: сталь $h_{сл}=0,01$ м; $\lambda_{сл}=46$ Вт/(м·°С) | Материал: керамзит $h_{сл}=0,02$ м; $\lambda_{сл}=0,12$ Вт/(м·°С) | Материал: воздух $h_{сл}=0,02$ м; $(\lambda_{тепвл}+\lambda_{тепвл})=$ $0,028$ Вт/(м·°С); $C_{хпвп}=C_{нпвп}=2,5$ Вт/(м ² ·К ⁴) | Материал: керамзит $h_{сл}=0,02$ м; $\lambda_{сл}=0,12$ Вт/ (м·°С) | Материал: полиэтилен $h_{сл}=0,005$ м; $\lambda_{сл}=0,32$ Вт/(м·°С) | 30,2 |

Примечание: ППУ – пенополиуретан

Исходные данные для проведения расчета:

- температура на нагретой поверхности стенки $t_{нпвп}$ (таблица);
- коэффициент теплопроводности материала i -го слоя конструкции стенки $\lambda_{сл*i*}$ (таблица);
- толщина i -го слоя конструкции стенки $h_{сл*i*}$;

- поверхностная плотность теплового потока через теплоизолированную плоскую стенку $q_{тс}=60 \text{ Вт/м}^2$;
 - коэффициент излучения холодной поверхности воздушной прослойки $C_{хпвп}$ и нагретой поверхности воздушной прослойки $C_{нпвп}$ (таблица);
 - коэффициент излучения абсолютно черного тела $C_{ачт}=5,76 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$;
 - коэффициент теплопроводности неподвижного воздуха в воздушной прослойке $\lambda_{тепвп}$ (таблица);
 - коэффициент конвективной теплоотдачи в воздушной прослойке $\lambda_{конвп}$ (таблица).
- Суммарная толщина многослойной плоской стенки составляет 0,075 м (таблица).

Расчет показывает, что при одинаковой толщине стенки эффективны теплоизоляционные материалы с низким коэффициентом теплопроводности (ППУ, пенополистирол, минеральная вата), однако волокнистые и ГНПМ имеют малую несущую способность. Необходимо отметить, что область применения большинства ГНПМ ограничена рабочей температурой, не превышающей 150–200 °С. Поэтому применение ГНПМ эффективно в СКЗ, имеющих максимальную температуру нагретой поверхности 180–200 °С.

Материалы с высоким коэффициентом теплопроводности более прочные (бетон, керамзит, стекло, гипсокартон, фанера) и имеют высокую несущую способность. Рабочая температура большинства этих материалов значительно выше, чем у ГНПМ. В СКЗ из материалов с высоким коэффициентом теплопроводности рационально предусматривать воздушные прослойки, которые оказывают существенное сопротивление тепловому потоку. Для снижения теплопередачи излучением на поверхности воздушной прослойки должны быть отражающими, то есть иметь низкий коэффициент излучения.

Проведенный сравнительный анализ показал, что при локализации тепловых потоков высокую эффективность имеют СКЗ с многослойными теплоизоляционными стенками, в которых применены слои из газонаполненных пластмасс и воздушные прослойки с отражающими поверхностями.

Таким образом, СКЗ с многослойными теплоизоляционными средствами улучшают условия труда работников машиностроения и обеспечивают пожаровзрывобезопасность.

Выводы

1. Активные термические факторы, возникающие в горячих помещениях и цехах машиностроительных предприятий, ухудшают условия труда работников и обуславливают пожаровзрывоопасность.
2. СКЗ (стационарные и передвижные перегородки, экраны, кожухи) улучшают условия труда работников и предохраняют строительные конструкции и материалы от воспламенения.
3. Высокую теплозащитную эффективность имеют СКЗ с многослойными теплоизоляционными стенками, обеспечивающие локализацию тепловых потоков одновременно несколькими способами: теплоотражением, теплопоглощением или отводом тепла.
4. Значительным термическим сопротивлением обладают многослойные теплоизоляционные стенки, содержащие слои из газонаполненных пластмасс и воздушные прослойки с отражающими поверхностями.

Таким образом, СКЗ с многослойными теплоизоляционными средствами улучшают условия труда работников машиностроения и обеспечивают пожаровзрывобезопасность.

Литература

1. Аржаева Н.В., Орлова Н.А., Соболев С.В. Тепломассообмен. Практикум: учеб. пособие / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. Пенза: ПГУАС, 2013. 112 с.
2. Береговой А.М. Ограждающие конструкции с повышенными теплозащитными качествами. 2-е изд., перераб. и доп. М.: АСВ, 1999. 312 с.
3. Бродский В.И. Показатели качества технических средств коллективной защиты // Системные технологии. 2019. № 30. С. 18–22.

4. Буйновский С.Н., Тудос А.В. Средства коллективной защиты работников // Безопасность труда в промышленности. 2015. № 3. С. 50–54.
5. Евстигнеева Н.А. Защита от теплового излучения: методические указания. МАДИ (ГТУ). М., 2006. 42 с.
6. Козий С.С., Козий Т.Б., Морозов В.В. Исследование интенсивности теплового излучения и эффективности теплозащитных экранов: метод. указания, исп. и доп. Самара: Изд-во СГАУ, 2015. 32 с.
7. Кузьмин В.А., Умнякова Н.П. Применение отражательной теплоизоляции в многослойных панелях с эффектом многократного отражения теплового потока // Жилищное строительство. 2016. № 6. С. 21–24.
8. Орлов М.Е. Теоретические основы теплотехники. Теплообмен: учеб. пособие. Ульяновск: Ульяновский гос. техн. ун-т, 2013. 204 с.
9. Умнякова Н.П. Теплозащита замкнутых воздушных прослоек с отражательной теплоизоляцией // Жилищное строительство. 2014. № 1-2. С. 16–20.
10. Чухланов В.Ю., Панов Ю.Т., Синявин А.В. Практикум по газонаполненным пластмассам: учеб. пособие. Владимир: Владимирский гос. ун-т, 2006. 130 с.
11. Шойхет Б.М. Проектирование тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей // Энергосбережение. 2015. № 1. С. 50–57.
12. Шойхет Б.М., Ставрицкая Л.В. Тепловая изоляция промышленного оборудования // Энергосбережение. 2003. № 2. С. 1–5.
13. Андрюшкин А.Ю., Михеенков М.Ю., Чулков А.В. Технологические аспекты напыления многослойных покрытий на стационарную технику специального назначения // Вопросы оборонной техники. Сер. 16: Технические средства противодействия терроризму. 2017. № 7-8 (109-110). С. 68–76.
14. Андрюшкин А.Ю. Применение сверхзвукового газодинамического напыления при многоструйной подаче газа для снижения вероятности отказа многослойных функциональных покрытий: монография. СПб.: БГТУ «ВОЕНМЕХ», 2021. 258 с.



СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

УДК 614.8 (075)

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СОТРУДНИКОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МЧС РОССИИ ПРИ ДЕЙСТВИИ В ОЧАГАХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

**О.Н. Савчук, кандидат технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;**

С.А. Нефедьев, доктор военных наук, профессор;

В.П. Крейтор, кандидат технических наук, профессор.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приведен анализ статистики последних лет по гибели и травматизму сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС России, принимающих участие в тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах чрезвычайных ситуаций. Рассматриваются проблемы, возникающие по обеспечению безопасности их при проведении таких работ в очагах чрезвычайных ситуаций, вследствие проводимых организационно-штатных мероприятий и недостаточной технической оснащенности средствами защиты. Предложены способы повышения безопасности путем совершенствования организации разведки на основе использования беспилотных летательных аппаратов, достаточным оснащением с улучшенными характеристиками технических средств защиты, более широким применением роботизированных средств при проведении работ в опасных очагах чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, травматизм, беспилотный летающий аппарат, пожарный-спасатель, аварийно-спасательные и другие неотложные работы

WAYS TO IMPROVE THE SAFETY OF EMPLOYEES OF THE STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA WHEN ACTING IN HOTBEDS OF EMERGENCY SITUATIONS

O.N. Savchuk; S.A. Nefed'ev; V.P. Creytor.

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

An analysis of the statistics of recent years on the deaths and injuries of employees of EMERCOM of Russia, participating in steaming of fires and conduct emergency and rescue and other urgent works in emergency situations. There are problems arising from ensuring their safety when conducting such work in emergency situations due to the organizational and staff activities and insufficient technical equipment of protection. Methods for improving their safety

by improving the organization of intelligence based on the use of unmanned aerial vehicles, sufficient equipment with the improved characteristics of technical protection, wider use of robotic funds during work in hazardous foci of emergencies.

Keywords: emergency situation, injury, unmanned aerial vehicles, fire rescuer, rescue and other urgent work

В настоящее время отмечается нарастание чрезвычайных ситуаций (ЧС) в мире. По статистике из общего числа ЧС до 80 % составляют техногенные. Это обусловлено износом стареющего оборудования, бурным развитием промышленности и транспорта, и, в первую очередь, наличием «человеческого фактора» в реализации аварий за счет ошибок в проектировании и нарушении правил эксплуатации. Интенсивная добыча полезных ископаемых и рост энергетических ресурсов, используемых в промышленности, на транспорте и в обеспечении жизнедеятельности людей, приводит к глобальному потеплению и к увеличению втрое за последние 40 лет природных ЧС.

На территории России ежегодно регистрируют до 600 техногенных ЧС и около 350 природных ЧС, материальный ущерб от них достигает свыше 60 млрд руб. [1, 2]. Наибольшее количество из них составляют пожары. Так, например, ежегодно в мире фиксируют до 3,1 млн пожаров, на которых гибнет до 28 тыс. чел. [1, 3]. В России по статистике их происходит до 140 тыс., при этом погибает около 9 тыс. чел. и получают травмы свыше 11 тыс. чел., материальный ущерб составляет до 11 млрд руб. [1, 4].

Большая роль в ликвидации ЧС принадлежит пожарным и спасателям МЧС России. Своим героическим трудом они спасают жизни многих людей и сохраняют материальные ценности. Условия труда сотрудников МЧС России при работе в очагах ЧС сложные, как правило, превышают гигиенические нормативы труда и характеризуются повышенной вероятностью риска гибели и травматизма, а при длительной работе в таких условиях ведут к профессиональным заболеваниям [3, 4].

Анализ гибели, травматизма и заболеваний сотрудников МЧС России, принимающих участие в ликвидации ЧС, представленный в табл. 1 [2, 4], показал, что в большей степени подвержен этому личный состав пожарно-спасательных частей (ПСЧ) Государственной противопожарной службы (ГПС) МЧС России.

Несмотря на тенденцию снижения количества гибели (травматизма) личного состава ПСЧ за последние годы, все еще фиксируется значительное количество травматизма. Наибольшее число травм (табл. 2) личный состав ПСЧ и работники ГПС МЧС России, принимающие участие в ликвидации ЧС, получают при следовании и работе на пожаре [2, 5–7]. Аналогичная ситуация вероятна при ликвидации других видов ЧС.

Таблица 1. Статистика гибели (травматизма) сотрудников ГПС МЧС России за 2010, 2014 гг.

| Наименование сотрудников МЧС России | Количество гибели (травматизма) 2010 г. | Количество гибели (травматизма) 2014 г. |
|-------------------------------------|---|---|
| Личный состав ПСЧ ГПС МЧС России | 22 (461) | 12 (222) |
| Работники ГПС МЧС России | 3 (112) | 3 (75) |

Таблица 2. Количество травм на 1 000 чел. сотрудников ГПС МЧС России при следовании и работе на пожаре за 2010, 2014 гг.

| Наименование работ | Количество травм на 1 000 чел. за 2010 г. | Количество травм на 1 000 чел. за 2014 г. |
|----------------------------|---|---|
| Личный состав ПСЧ | | |
| При следовании на пожар | 4,34 | 5,41 |
| Выполнение задач на пожаре | 27,5 | 40,99 |
| Работники ГПС МЧС России | | |
| При следовании на пожар | 6,25 | 5,33 |
| Выполнение задач на пожаре | 20,53 | 33,33 |

В целом проблемным является обеспечение безопасности спасателей при выполнении аварийно-спасательных работ в следующих очагах ЧС [2, 8, 9]:

- в зонах взрывов и горения больших масс легковоспламеняющихся жидкостей;
- при действиях в очаге землетрясений;
- в зонах сложных и лесных пожаров;
- при работе в сложных климатических условиях (при температуре ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$; интенсивные осадки, сильные порывы ветра);
- при прорыве плотин, дамб;
- при работе в горных условиях на высоте свыше 3 000 м;
- в условиях радиоактивного загрязнения;
- в зонах повышенной концентрации аварийно химически опасных веществ (АХОВ);
- в условиях биологического заражения.

За последние три года в связи с организационно-штатными мероприятиями количество спасателей и пожарных в МЧС России снизилось на треть. Повсеместно отмечается неуккомплектованность в ряде пожарно-спасательных частей, что приводит к выезду на пожар и очаги ЧС караулов в сокращенном составе. Это ведет к повышенным нагрузкам их при выполнении задач по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ в очагах ЧС и, как следствие, к увеличению риска гибели (травматизма). Анализ массовой гибели на пожаре в Кемеровском торгово-развлекательном центре показал на недостаточное обеспечение техническими средствами защиты пожарных, что также снижает эффективность привлечения их к спасению людей и риску быть пораженными.

Статистические данные [2, 7] показывают рост количества отравлений спасателей на пожаре вследствие несоблюдения должных мер безопасности при проведении работ в очагах ЧС, неисправности средств защиты, нарушения условий пребывания в зонах токсического задымления в средствах индивидуальной защиты (СИЗ) органов дыхания и кожи [9].

В связи с этим актуальным становится задача по повышению эффективности обеспечения безопасности спасателей при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР), особенно в зонах взрывоопасных концентраций газов, токсического воздействия дыма на пожаре, химического и радиационного заражения при авариях (разрушениях) химически опасных объектов (ХОО) и АЭС.

Согласно приказу МЧС РФ от 31 декабря 2002 г. № 630 [7] обеспечение безопасности спасателей в зонах проведения АСДНР предусматривает выполнение ими законодательных требований норм по охране труда, осуществление мероприятий по защите, приводящих к снижению воздействия поражающих факторов ЧС.

На эффективность проведения АСДНР и сохранения безопасности спасателей [7, 10–12] влияют наиболее опасные условия среды, проявляющиеся при ЧС:

- неблагоприятная температура среды в очаге ЧС (ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- повышенное содержание горючих газов в воздухе в районе проведения АСДНР;
- повышенная концентрация АХОВ и снижение содержания кислорода в воздухе ниже 21 %;
- наличие ионизирующего излучения и повышенной плотности радиоактивного загрязнения, приводящих к получению спасателями при работе доз излучения более 50 рад.

В ходе проведения аварийно-спасательных работ спасатели привлекаются: для проведения разведки в зоне АСДНР, действий по деблокированию, извлечению и спасению людей, спасению материальных ценностей, предотвращению загрязнения окружающей среды, локализации распространения поражающих факторов ЧС и снижению их до минимума [10, 12–14].

В ходе проведения этих работ обеспечение безопасности спасателей осуществляется системой технической защиты [13], которая предусматривает соблюдение норм условий труда спасателей, способов осуществления предотвращения и нейтрализации опасных поражающих факторов ЧС, применения технических средств защиты.

При ведении разведки в зоне повышенного задымления на пожаре и химического заражения при авариях ХОО большое значение для обеспечения безопасности спасателей-разведчиков имеет техническая исправность СИЗ и, прежде всего, органов дыхания (изолирующих противогазов и дыхательных аппаратов), а также непрерывное поддержание связи с постом безопасности. Возможности предельного пребывания спасателей-разведчиков в СИЗ в соответствии с их тактико-техническими характеристиками представлены в табл. 3 [15, 16].

При выполнении работ в зоне радиоактивного загрязнения критерием обеспечения безопасности личного состава будет получение ими дозы облучения не выше 5 бэр при планируемом повышенном облучении не выше 20 бэр [16, 17]. Однако следует учитывать также время пребывания в СИЗ в зависимости от температуры окружающей среды [16], представленные в табл. 4.

Таблица 3. **Предельно допустимое время пребывания спасателей в СИЗ на пожаре в зонах задымления и очагах химического заражения при выполнении АСДНР***

| Наименование СИЗ | Температура окружающей среды °С | | |
|--|---------------------------------|-----------------|-----------------|
| | - 40° до + 40° | > +40° до +100° | > +100° до 150° |
| На пожаре | | | |
| ИДА | 40 мин | 40 мин | 40 мин |
| ИДА+ изолирующая одежда | 30 мин | 20 мин | 3 мин |
| В зоне химического заражения | | | |
| ИДА+ изолирующая одежда | 90 мин | 30 мин | 5 мин |
| Фильтрующий противогаз+ изолирующая одежда | от 3 ч до 1 ч | 30 мин | 5 мин |

Примечание: * Данные в таблице приведены для физической нагрузки спасателей «тяжелая работа», характерной при выполнении ими АСДНР в очагах ЧС. Основные работы при этой нагрузке: раскопка и вскрытие заваленных и разрушенных убежищ; извлечение из-под обломков зданий (убежищ) пораженных и переноска их одним или двумя спасателями по пересеченной местности; перфорирование железобетонных конструкций и др.;

ИДА – изолирующий дыхательный аппарат с химически связанным или сжатым кислородом

Таблица 4. **Предельно допустимое время пребывания спасателей в СИЗ в зонах радиоактивного заражения при выполнении АСДНР**

| Наименование СИЗ | Температура окружающей среды °С | | |
|------------------|---------------------------------|--------|--------|
| | 100° | 150° | 200° |
| СЗО-1 | 20 мин | 10 мин | 7 мин |
| СЗО ИТ | 30 мин | 15 мин | 10 мин |

Примечание: СЗО – специализированная защитная одежда; СЗО ИТ – специализированная защитная одежда изолирующего типа, изготовленная из полотна, заполненного свинцом

Для выполнения задач разведки (выявление опасных зон поражающих факторов ЧС, обозначение и ограждение этих участков) в настоящее время спасателям-разведчикам приходится входить в зону поражающих факторов с приборами разведки, что представляет угрозу их поражения при несоблюдении мер безопасности, технической неисправности СИЗ, превышения пределов времени пребывания [8].

Одним из путей решения проблемы повышения безопасности личного состава, участвующего в разведке очага ЧС, является использование беспилотных летающих аппаратов (БПЛА), роботизированной техники с установленными на них приборами радиационной, химической разведки.

От оперативного получения данных от приборов разведки зависит своевременное принятие решений по спасению и проведению АСДНР, мер по обеспечению безопасности спасателей (защиты расстоянием и временем, применением защитных экранов, назначения количества смен и времени пребывания их в зоне ЧС, использование специализированных технических средств защиты).

Техническое вооружение МЧС России БПЛА является одним из направлений совершенствования обеспечения безопасности населения и спасателей МЧС России в ЧС.

Сегодня эксплуатируется в МЧС России свыше 70 БПЛА [18], которые используются для решения следующих задач:

- проведение мониторинга потенциально опасных территорий;
- обнаружение очагов возгорания на ранних стадиях лесных пожаров;
- обнаружение и мониторинг ледовых заторов и разлива рек;
- проведение мониторинга состояния транспортных магистралей, нефте- и газопроводов, трубопроводов с АХОВ, линий электропередач;
- проведение поисковых мероприятий и координация действий наземных сил МЧС России по ликвидации ЧС.

В практике применения БПЛА в системе МЧС России оправданно находят в большинстве своем летательные аппараты, осуществляющие мониторинг паводковых наводнений, пожаров в лесах, поиск пропавших альпинистов, рыбаков с помощью БПЛА самолетного типа.

В случае аварий на радиационно-опасных и химически опасных объектах целесообразно применение малогабаритных и маневренных БПЛА вертолетного типа с установкой на них приборов по измерению мощности дозы излучения или газоанализаторов АХОВ для получения исходных данных при проведении прогнозирования и оценки обстановки. Это позволит оперативно получать данные разведки без входа разведчиков непосредственно в зону повышенного риска от воздействия радиационного и химического заражения и ведения разведки в труднодоступных местах.

Для этих целей могут быть использованы дроны-квадрокоптеры с установкой на них чувствительных датчиков (приборов) измерения параметров поражающих факторов, высокой разрешающей способности видеоаппаратуры с системой передачи данных в режиме онлайн на пульт управления. В настоящее время разработаны различного типа дроны-квадрокоптеры, которые при небольших сравнительно размерах, возможностях маневра, зависания в воздухе, видеонаблюдения, оборудованные системой GPS, могут быть широко использованы в этих целях (табл. 5).

Анализ тактико-технических данных дронов-квадрокоптеров, представленных в табл. 5, показывает, что наиболее подходящими по размерам и удобству управления ими для выполнения задач по разведке и оснащению пожарно-спасательных и специализированных пожарно-спасательных частей являются типы дронов-квадрокоптеров, выделенных жирным шрифтом.

Таблица 5. Основные тактико-технические характеристики дронов-квадрокоптеров

| | | | | |
|------------------------------|---|--|--|--|
| Тип | Syma x5c (5SW) | Syma x8w (5SC) | Phanton 3 Advanced (Phanton 3 Standart) | Phanton 5.8 G |
| Линейные размеры, см | 32 (39) | 50 (37) | 60 | 50 |
| Дальность полета, м | 80 (120) | 120 | 2000 (1000) | 300 |
| Время полета, мин | 10–12 | до 15 (10–12) | до 23 (25) | до 15 |
| Время зарядки аккумуля., мин | 60 | 45 | – | 60 |
| Угол обзора, град | – | – | 94 | – |
| Камера | Видеокамера HD | Камера HD | Камера Pull HD (камера 27к) | Крепление для камеры GoPro |
| Особенности | Имеется карта памяти, может летать ночью | Видео передается на смартфон или планшет | Система GPS, оптич. стабилиз., позволяющая летать внутри помещений (способен висеть в воздухе) | Система GPS, способен зависать, имеет функцию автовозврата |
| Тип | Hubsan H107 (4H107G) | Cheerson Cx30W | ZALA 421-21(22) | Blade Chroma |
| Линейные размеры, см | 19 (13x13) | 26 | 60 | 40 |
| Дальность полета, м | 120 (100) | 80 | 2000 H=10-1000 | 600 H=250 |
| Время полета, мин | до 12 (7) | 9–12 | 35 (25) | 30 |
| Время зарядки аккумуля., мин | 40 (40) | – | – | – |
| Камера | Камера HD | Камера HD | Камера HD | Камера HD-2к |
| Особенности | Строго гориз. расположение объектива, управление с пульта или моб. телефона | Передача видео по Wi-Fi | Система GPS, видеокамера, тепловизор | Система GPS, видеокамера |

При авариях на АЭС возможно радиоактивное загрязнение вблизи аварийного реактора с большими мощностями доз излучений, достигающих до 2 000 рад/ч за счет разброса высокоактивных фрагментов конструкций аварийного реактора АЭС.

При непосредственной работе спасателей-разведчиков в районах с повышенными значениями мощностей доз излучения целесообразно оснащать их новыми приборами радиационной разведки, которые наряду с измерением параметров радиационного загрязнения имели бы возможность оперативно оценивать безопасное пребывание разведчика в зоне радиационного загрязнения.

Способами обеспечения безопасности спасателей при работе в очагах радиационного загрязнения с повышенными мощностями доз излучения [19] являются: защита расстоянием, сокращением времени пребывания, использованием экранов.

Поэтому для совершенствования повышения безопасности спасателей при работе в таких очагах целесообразно оперативное определение и назначение безопасных рубежей удаления от наиболее опасных участков радиоактивного загрязнения [19], сокращение времени пребывания рабочих смен с учетом получения личным составом установленных допустимых доз излучения. Предлагается безопасный рубеж удаления $L_{без}$ определять согласно формуле [20]:

$$L_{без} = L \sqrt{\frac{2P_{L1}(\sqrt{t_k - t_n})}{D_{доп} \cdot K_{осл}}},$$

где P_{L1} – мощность дозы излучения на 1 ч (рад/ч) после аварии на расстоянии L (м) от источника излучения; t_k – время конца облучения от момента аварии, ч; t_n – время начала облучения от момента аварии, ч; $D_{доп}$ – допустимая доза излучения (рад); $K_{осл}$ – коэффициент ослабления.

С учетом установленной дозы излучения можно определить допустимое время работы спасателей в зоне радиационного загрязнения по формуле [20]:

$$T_{доп} = \left(\frac{D_{доп} \cdot K_{осл}}{2 \cdot P_{L1}} \right) + \sqrt{t_n}^2. \quad (1)$$

Используя расчет $T_{доп}$ по формуле (1), можно определить количество смен $N_{см}$ для обеспечения безопасной работы спасателей при заданном непрерывном времени работы смены $T_{раб.см}$ по формуле:

$$N_{см} = \frac{T_{раб.см}}{T_{доп}}.$$

В случаях тушения лесных пожаров, как показали экспериментальные исследования [8], следует в целях обеспечения безопасности пожарных соблюдать рубеж безопасности при боевой работе на удалении от границы возгорания, равной или более четырехкратной высоте пламени.

Следующим направлением повышения безопасности спасателей при работе в очагах повышенных температур воздуха, радиационного и химического заражения является совершенствование СИЗ спасателей. Разработка их должна идти по линии повышения характеристик устойчивости СИЗ к поражающим факторам:

а) для боевой одежды пожарных-спасателей:

– повышение времени устойчивости к воздействию высоких температур, открытого пламени;

– разработка термостойких материалов для изготовления эргономичной и меньшего веса одежды;

– повышение времени пребывания в ней с учетом обеспечения теплового баланса;

б) для СИЗ спасателей, работающих в очаге с повышенными мощностями доз излучения:

– разработка новых типов респираторов с длительным сроком работы в очаге с повышенной мощностью доз излучения;

– разработка материала для одежды с повышенными характеристиками ослабления ионизирующих излучений;

– повышение времени пребывания в одежде с учетом обеспечения теплового баланса;

– разработка малогабаритных устройств на базе интегральных дозиметров с автоматической сигнализацией об опасности с включением их в структуру одежды;

в) для СИЗ спасателей, работающих в очаге с повышенной концентрацией АХОВ:

– разработка средств защиты органов дыхания на основе новых химических и физических принципов, способных обеспечить длительное пребывание спасателей (до 6 ч) в зонах с повышенной концентрацией АХОВ при выполнении работ с тяжелой нагрузкой;

– разработка фильтрующих средств защиты кожи на основе использования современных достижений нанотехнологий, позволяющих обеспечивать защиту от паров и жидкой фазы АХОВ;

– повышение времени пребывания в разрабатываемой изолирующей защитной одежде с учетом обеспечения теплового баланса.

Перспективным фактором повышения работоспособности спасателей и предотвращения травматизма при выполнении работ в очагах радиационного и химического заражения следует признать возможность осуществления этих работ без средств защиты с применением новых разрабатываемых медикаментозных средств профилактики и антидотов, а также широкого применения роботизированной техники, дистанционно управляемой спасателями вне опасных зон поражающих факторов.

Таким образом, реализация предлагаемых путей совершенствования защищенности спасателей при проведении работ в очагах ЧС позволит существенно повысить их работоспособность и снизить риски гибели и травматизма спасателей.

Литература

1. International Association of Fire and Rescue Services // Center of Fire Statistics. World Fire Statistics. 2017. № 22.

2. Анализ заболеваемости, травматизма, гибели, инвалидности и смертности личного состава подразделений МЧС России за 2010–2014 гг. / А.А. Порошин [и др.] // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в ЧС. 2015. № 2. С. 38–44.

3. Desmond, Matthew. Making firefighters deployable // Qualitative Sociology 34.1. 2011. p. 59–77.

4. Статистические данные по пожарам и загораниям в РФ в 2017 // Электронная энциклопедия пожарного дела. URL: <http://wiki-fire.org> (дата обращения: 22.04.2021).

5. Beyond the fireground: injuries in the fire service / G.S. Poplin [et al.] // Injury Prevention. 2012. Т. 18. № 4. С. 228–233.

6. Contributing factors to firefighter line-of-duty injury in metropolitan fire departments / Moore-Merrell Lori [et al.] // Washington, DC: International Association of Firefighters. 2008.

7. Правила по охране труда в подразделениях ГПС МЧС России: приказ МЧС РФ от 31 дек. 2002 г. № 630. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

8. Raimundo A.M., Figueiredo A.R. Personal protective clothing and safety of firefighters near a high intensity fire front // Fire Safety Journal. 2009. Т. 44. № 4. С. 514–521.

9. McLellan T.M., Selkirk G.A. The Management of Heat Stress for the Firefighter: A Review of Work Conducted on Behalf of the Toronto Fire Service // Industrial Health. 2006. Т. 44. С. 414–426.

10. Наставление по организации управления и оперативному (экстренному) реагированию при ликвидации ЧС от 28 мая 2010 г. М.: МЧС России, 2010.

11. Безопасность спасательных работ / С.В. Горбунов [и др.]: учеб. М.: АГЗ МЧС России, 2016. С. 297.

12. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ (в ред. от 18 июля 2017 г.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

13. Харисов Г.Х., Калайдов А.Н., Фирсов А.В. Организация и ведение аварийно-спасательных работ: учеб. пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2011. 271 с.

14. Spadafora R. Firefighter safety and health issues at the World Trade Center site // American journal of industrial medicine. 2002. Т. 42. №. 6. С. 532–538.

15. Поплавский Д.В., Охломенко В.Ю. Боевая одежда и снаряжение пожарного: метод. пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2004.

16. Батырев В.В., Живулин Г.А. Основы индивидуальной защиты человека от опасных химических и радиоактивных веществ. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2016.

17. Нормы радиационной безопасности НРБ 99/2009: постановление Главного государственного санитарного врача Рос. Федерации от 7 июля 2009 г. № 47. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

18. Савчук О.Н., Аксенов А.А., Сильников М.В. Совершенствование методов и средств обеспечения безопасности личного состава пожарно-спасательных частей при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 4 (56). С. 108–115.

19. Устав аварийно-спасательных формирований по организации и ведению газоспасательных работ (утв. зам. министра промышленности, науки и технологий от 5 июня 2003 г.) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200078716> (дата обращения: 22.04.2021).

20. Савчук О.Н. Методика выявления последствий в ЧС мирного и военного времени. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2010.

УДК 614.8.084

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА ПОСЛЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ

А.В. Однолетко;

О.М. Троянов, кандидат военных наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

В статье аварийно-восстановительный ремонт инженерных систем коммунального хозяйства населенных пунктов (городов) после землетрясения делится на две относительно самостоятельные составляющие: на аварийно-восстановительные работы, обусловленные последствиями чрезвычайной ситуации (землетрясения) и на эксплуатационно-восстановительный ремонт, обусловленный эксплуатационными факторами. Необходимость эксплуатационно-восстановительного ремонта, приобретающего важную профилактическую направленность, обуславливается высокой вероятностью возникновения скрытых повреждений инженерных систем в зависимости от эксплуатационных факторов. Для заблаговременной подготовки производства коммунальной инфраструктуры к решению задач аварийно-восстановительного ремонта инженерных систем после землетрясения предлагается прогнозировать объем эксплуатационно-восстановительного ремонта инженерных систем с использованием процедур регрессионного анализа. Подробно рассматриваются процедуры прогнозирования по определению объема (трудоемкости) эксплуатационно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунального хозяйства населенных пунктов при проведении аварийно-восстановительных работ после землетрясения.

Ключевые слова: инженерные системы коммунального хозяйства, землетрясение, аварийно-восстановительный ремонт, эксплуатационно-восстановительный ремонт, прогнозирование объема (трудоемкости) ремонта, регрессионный анализ, эксплуатационные факторы, регрессионная модель, адаптированный вид модели, достоверность прогнозных оценок, заблаговременная подготовка производства, управленческое решение

FORECASTING THE VOLUME OF RESTORATION REPAIR OF UTILITY UTILITIES OF THE SETTLEMENT AFTER THE EARTHQUAKE TAKING INTO ACCOUNT OPERATIONAL FACTORS

A.V. Odnoletko; O.M. Troyanov.

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

In the article, the emergency recovery repair of utility engineering systems of settlements (cities) after an earthquake is divided into two relatively independent components: emergency recovery work caused by the consequences of an emergency situation (earthquake) and operational recovery repair caused by operational factors. The need for operational and restoration repairs, which acquire an important preventive orientation, is due to the high probability of hidden damage to engineering systems, depending on operational factors. In order to prepare the production of municipal infrastructure in advance for solving the problems of emergency repair of engineering systems after an earthquake, it is proposed to predict the volume of operational repair of engineering systems using regression analysis procedures. The forecasting procedures for determining the volume (labor intensity) of operational and restoration repairs of utility engineering systems of settlements during emergency recovery operations after an earthquake are considered in detail.

Keywords: utility engineering systems, earthquake, emergency repair, operational repair, forecasting the volume (labor intensity) of repairs, regression analysis, operational factors, regression model, adapted model type, reliability of forecast estimates, advance production preparation, management decision

Объем аварийно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунального хозяйства населенного пункта после землетрясения целесообразно определять по их фактическому состоянию. Аварийно-восстановительный ремонт – это ремонт по фактическому состоянию, при котором целесообразно учитывать эксплуатационные факторы инженерных систем для полномасштабного восстановления их технических характеристик.

При аварийных повреждениях инженерных систем коммунального хозяйства населенного пункта после землетрясений, даже незначительных при умеренной интенсивности землетрясения, важное значение приобретает не только аварийно-восстановительный ремонт, но и эксплуатационно-восстановительный ремонт, приобретающий серьезную профилактическую направленность в связи с высокой вероятностью возникновения скрытых повреждений.

Сроки и стоимостные показатели аварийно-восстановительных работ на инженерных системах коммунального хозяйства населенного пункта после землетрясения с учетом эксплуатационных факторов определяются технико-экономическими показателями промышленного, ремонтно-строительного производства и эксплуатационного обслуживания, созданного для их содержания, ремонта и сохранности, которые, как правило, эти работы проводят.

Очевидно, что для получения оптимальных технико-экономических показателей промышленного, ремонтно-строительного производства и эксплуатационного обслуживания инженерных систем коммунального хозяйства населенного пункта необходимо постоянно заботиться о соответствующей заблаговременной подготовке производства к проведению аварийно-восстановительных работ. При этом такая заблаговременная подготовка производства имеет исключительное значение [1].

Анализ отечественного и зарубежного опыта аварийно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунальных хозяйств населенных пунктов после стихийных бедствий, в том числе после землетрясений, свидетельствует о том, что заблаговременная подготовка производства коммунальной инфраструктуры является главной основой сокращения сроков и стоимости, повышения качества аварийно-восстановительных работ [2–7].

Таким образом, в интересах заблаговременной подготовки производства коммунальной инфраструктуры к решению задач аварийно-восстановительного ремонта инженерных систем после землетрясения возникает необходимость прогнозирования [8].

В случае подготовки производства коммунальной инфраструктуры к решению задач ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) на объектах промышленного, ремонтно-строительного производства и эксплуатационного обслуживания, созданного для содержания, ремонта и сохранности инженерных систем коммунального хозяйства населенного пункта, возникает необходимость прогнозирования объема возможного их аварийно-восстановительного ремонта с учетом эксплуатационных факторов.

Объем предстоящего аварийно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунальных хозяйств населенных пунктов зависит от фактического технического состояния инженерных систем в момент времени, который может наступить совершенно независимо от организации и порядка их эксплуатации и использования. В свою очередь, фактическое техническое состояние инженерных систем на конкретный момент времени зависит от множества факторов, в том числе аварийных и эксплуатационных. Следовательно, в основе прогнозирования объема предстоящего аварийно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунальных хозяйств населенного пункта после землетрясения лежит принцип многофакторности, с одной стороны.

С другой стороны, если изучаемые и прогнозируемые процессы продолжительны и если специально накоплены или могут быть выделены данные из некоторого множества, позволяющие судить о закономерностях и тенденциях в их развитии и взаимосвязях с другими явлениями, а сами процессы обладают достаточной инерционностью, то гипотеза о будущем развитии этих процессов в значительной мере, хотя и не исключительно, может базироваться на анализе прошлого. При этом в аварийно-восстановительном ремонте инженерных систем коммунального хозяйства населенного пункта после землетрясения с учетом эксплуатационных факторов целесообразно рассматривать две относительно самостоятельные составляющие:

- аварийно-восстановительные работы, обусловленные последствиями ЧС;
- эксплуатационно-восстановительный ремонт, обусловленный эксплуатационными факторами.

Процессы эксплуатации и использования различных инженерных систем коммунальных хозяйств населенных пунктов имеют значительную продолжительность. Продолжительность этих процессов определяется сроком службы элементов инженерных систем, а на практике, как правило, превышает их и составляет в общем случае примерно 25–30 лет, а иногда и более [9, 10].

В таких случаях становится целесообразным применять разнообразные методы обнаружения и экстраполяции преобладающей тенденции развития анализируемого объекта, использовать для прогнозирования найденные взаимосвязи технико-экономических и других показателей и установленные закономерности их изменения. При этом естественным является применение статистических подходов к прогнозированию.

Известно, что в большинстве случаев прогнозирование на основе инерционности взаимосвязей сводится к построению регрессионных моделей прогнозирования вида [11, 12]:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k).$$

Процедуру или метод построения регрессионных моделей прогнозирования, как правило, называют регрессионным анализом.

Регрессионный анализ в полной мере подходит к решению задач, состоящих в прогнозировании объема аварийно-восстановительных работ на инженерных системах коммунального хозяйства населенного пункта после землетрясения с учетом их эксплуатационных факторов. Объем (трудоемкость) эксплуатационно-восстановительных работ зависит от множества факторов, от их воздействия в фиксированный момент времени.

Эти факторы обладают свойством инерционности, так как их воздействие осуществляется относительно продолжительное время.

В задаче прогнозирования объема аварийно-восстановительных работ на инженерных системах коммунального хозяйства населенного пункта после землетрясения с учетом их эксплуатационных факторов объем эксплуатационно-восстановительного ремонта является зависимой переменной, а значения факторов относятся к независимым переменным.

В «чистом» виде, то есть без определенной адаптации к конкретной задаче регрессионный анализ на практике не применяют. Необходима адаптация регрессионного метода прогнозирования и к решению задачи, которая состоит в прогнозировании объема эксплуатационно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунального хозяйства при проведении аварийно-восстановительных работ в целом. Здесь важно отметить, что проведение регрессионного анализа возможно даже в случаях, когда функция распределения объема (трудоемкости) эксплуатационно-восстановительного ремонта отличается от нормального распределения.

В адаптированном виде, применительно к задаче прогнозирования объема эксплуатационно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунального хозяйства при проведении аварийно-восстановительных работ в целом, метод регрессионного анализа может быть представлен следующими основными этапами.

Первый этап включает процедуры, связанные с постановкой задачи прогнозирования объема (трудоемкости) эксплуатационно-восстановительного ремонта.

Второй этап заключается в сборе и подготовке к анализу необходимой информации (исходных данных). Эта информация в первую очередь относится к количественным показателям, характеризующим эксплуатационные факторы. Сбор этой информации основывается на прошлом опыте использования инженерных систем коммунального хозяйства населенных пунктов по назначению.

Третий этап включает процедуры, на основе которых осуществляется разработка модели прогнозирования объема (трудоемкости) эксплуатационно-восстановительного ремонта.

Четвертый этап – это этап анализа разработанной прогнозной модели.

Пятый, заключительный этап является этапом количественной оценки прогнозируемого объема (трудоемкости) эксплуатационно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунального хозяйства при проведении аварийно-восстановительных работ в целом.

Задачу прогнозирования объема (трудоемкости) эксплуатационно-восстановительного ремонта в вербальной форме можно сформулировать следующим образом.

Необходимо на основе прогнозного анализа оценить объем (трудоемкость) эксплуатационно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунального хозяйства при проведении аварийно-восстановительных работ на заданный момент времени.

Принимается следующая обстановка для решения задачи.

На основе оценки состояния инженерных систем коммунальных хозяйств населенных пунктов после землетрясения определен конкретный перечень инженерных систем, подлежащих аварийно-восстановительному ремонту. Инженерные системы, включенные в перечень, использовались до ЧС по назначению. Очередной срок их плановых ремонтов не истекает на момент ЧС.

Выполняя второй этап регрессионного анализа, который заключается в сборе необходимой информации, следует учитывать, что для получения достоверной модели необходимо собрать представительное в статистическом смысле число наблюдений.

Результаты сбора необходимых данных заносятся в специально подготовленную таблицу, которую называют матрицей наблюдений. Матрица наблюдений составляется в форме табл. 1.

Далее выполняются следующие действия, которые адаптированы определенным образом к рассматриваемой задаче.

Таблица 1. Матрица наблюдений

| Номер наблюдения | Факторы | | | | | Прогнозируемые параметры | | | | |
|------------------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|--------------------------|-----|-----------------|-----|-----------------|
| | X ₁ | ... | X _i | ... | X _k | Y ₁ | ... | Y _i | ... | Y _r |
| 1 | X ₁₁ | ... | X _{1i} | ... | X _{1k} | Y ₁₁ | ... | Y _{1i} | ... | Y _{1r} |
| ... | ... | | ... | | ... | ... | | ... | | ... |
| j | X _{j1} | ... | X _{ji} | ... | X _{jk} | Y _{j1} | ... | Y _{ji} | ... | Y _{jr} |
| ... | ... | | ... | | ... | ... | | ... | | ... |
| n | X _{n1} | ... | X _{ni} | ... | X _{nk} | Y _{n1} | ... | Y _{ni} | ... | Y _{nr} |

В матрицу наблюдений заносятся количественные значения эксплуатационных факторов, влияющих на объем эксплуатационно-восстановительных ремонтных работ.

Для упрощения вычислений, значения факторов преобразуют в соответствии с выражением:

$$\hat{X}_{ji} = \frac{X_{ji} - X_i'}{\Delta X_i};$$

где

$$X_i' = \frac{X_0^{\max} - X_i^{\min}}{2};$$

$$\Delta X_i = \frac{X_i^{\max} - X_i^{\min}}{2}.$$

Для учета эффектов парного взаимодействия факторов сначала перемножаются столбцы матрицы наблюдений, а затем вычисляются величины $\hat{X}_i X_j$, $(X_i X_j)$ и $\Delta(X_i X_j)$.

Такая операция позволяет привести факторы к единой области определения, которая лежит в пределах от -1 до +1. При этом коэффициенты в модели прогнозирования будут показывать относительный вклад каждого из факторов в прогнозируемую величину. Указанная процедура выполняется для приведения матрицы наблюдений с исходными данными, имеющими конкретный физический смысл и количественные оценки в конкретных физических единицах, к безразмерному количественному выражению исследуемых эксплуатационных факторов.

Таким образом, исходная матрица наблюдений преобразуется в новую матрицу безразмерных факторов (табл. 2) с так называемой фиктивной переменной $X_0=1$.

На основе матрицы безразмерных факторов разрабатывается математическая модель прогнозирования в виде функции отклика, связывающей прогнозируемый параметр «объем (трудоемкость) эксплуатационно-восстановительных ремонтных работ аварийно-восстанавливаемых инженерных систем» Y_i с выделенными эксплуатационными факторами \hat{X}_i .

$$y = f(\hat{x}_0, \hat{x}_1, \dots, \hat{x}_k).$$

Таблица 2. Матрица безразмерных факторов

| Номер наблюдения | Факторы | | | | | | Прогнозируемые параметры | | | | |
|------------------|----------|----------------|-----|----------------|-----|----------------|--------------------------|-----|----------|-----|----------|
| | X_{00} | \hat{X}_1 | ... | \hat{X}_i | ... | \hat{X}_k | Y_1 | ... | Y_i | ... | Y_r |
| 1 | 1 | \hat{X}_{11} | ... | \hat{X}_{1i} | ... | \hat{X}_{1k} | Y_{11} | ... | Y_{1i} | ... | Y_{1r} |
| ... | | ... | | ... | | ... | ... | | ... | | ... |
| j | 1 | \hat{X}_{j1} | ... | \hat{X}_{ji} | ... | \hat{X}_{jk} | Y_{j1} | ... | Y_{ji} | ... | Y_{jr} |
| ... | | ... | | ... | | ... | ... | | ... | | ... |
| n | 1 | \hat{X}_{n1} | ... | \hat{X}_{ni} | ... | \hat{X}_{nk} | Y_{n1} | ... | Y_{ni} | ... | Y_{nr} |

Разработка модели прогнозирования включает процедуру выбора формы модели и процедуру оценивания коэффициентов при каждом факторе. Разрабатывая прогнозную модель, следует учитывать, что по своему виду модель может не отражать физический смысл или естественную природу процессов использования, эксплуатации и ремонта инженерных систем. Как правило, если прогнозные модели не позволяют судить о физическом смысле исследуемых процессов, целесообразно для разработки таких моделей прогнозирования выбирать наиболее простые регрессионные зависимости (например, в виде линейных полиномов).

На практике третий этап регрессионного анализа осуществляют следующим образом.

Первая процедура третьего этапа состоит в выдвижении гипотезы о наиболее простом линейном виде прогнозной модели:

$$y = f(\hat{x}_0, \hat{x}_1, \dots, \hat{x}_k) = b_0 + b_1 \hat{x}_1 + \dots + b_k \hat{x}_k = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \hat{x}_i = \sum_{i=1}^k b_i \hat{x}_i.$$

Ошибка в j -м наблюдении, характеризующая точность выбранной модели, является функцией ее коэффициентов b_0 и b_i :

$$\varepsilon_j = y_j^3 - y_j = y_j^3 - b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i^c,$$

где y_j^3 и y_j – фактическое и расчетное значение прогнозируемого параметра в j точке.

Если вид прогнозной модели выбран правильно, то модель должна иметь минимальную суммарную ошибку по всем наблюдениям. По-другому, в соответствии с методом наименьших квадратов коэффициенты b_0 и b_i должны быть подобраны так, чтобы сумма квадратов ошибок E_j была минимальной. Математически это условие может быть представлено следующим критерием:

$$E = \sum_{j=1}^n \varepsilon_j^2 = \sum_{i=1}^n (y_j - y_j^3)^2 = \min.$$

Количественная оценка критерия E обуславливается качеством выбора вида модели и точностью определения ее коэффициентов.

Коэффициенты модели прогнозирования определяются на основе соблюдения частных условий. Суть частных условий состоит в том, что частные производные от критерия E по каждому из коэффициентов прогнозной модели приравниваются нулю:

$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial b_0} &= -2 \sum_{j=1}^n (y_j^3 - y_j) \frac{\partial y_i}{\partial b_0} = 0 \quad ; \\ \frac{\partial E}{\partial b_1} &= -2 \sum_{j=1}^n (y_j^3 - y_j) \frac{\partial y_i}{\partial b_1} = 0 \quad . \\ &\dots\dots\dots \\ \frac{\partial E}{\partial b_k} &= -2 \sum_{j=1}^n (y_j^3 - y_j) \frac{\partial y_i}{\partial b_k} = 0 \quad . \end{aligned}$$

С учетом того, что:

$$\frac{\partial y_j}{\partial b_0} = \hat{x}_{j0} = 1; \quad \frac{\partial y_j}{\partial b_1} = \hat{x}_{j1}; \quad \dots; \quad \frac{\partial y_j}{\partial b_k} = \hat{x}_{jk},$$

данная система приводится к системе k+1 нормальных уравнений относительно неизвестных коэффициентов b_0, b_1, \dots, b_k :

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n y_j^3 - \sum_{j=1}^n \hat{x}_{j0} \sum_{i=0}^k b_i \hat{x}_{ji} &= 0; \\ \sum_{j=1}^n y_j^3 \hat{x}_{j1} - \sum_{j=1}^n \hat{x}_{j1} \sum_{i=0}^k b_i \hat{x}_{ji} &= 0; \\ &\dots\dots\dots \\ \sum_{j=1}^n y_j^3 \hat{x}_{jk} - \sum_{j=1}^n \hat{x}_{jk} \sum_{i=0}^k b_i \hat{x}_{ji} &= 0 \end{aligned}$$

или в матричном виде:

$$\overset{o}{X}^T \overset{o}{Y} - \overset{o}{X}^T \overset{o}{X} \overset{o}{B} = 0.$$

Умножив обе части уравнения на обратную матрицу $(\overset{o}{X}^T \overset{o}{X})^{-1}$, получим:

$$(\overset{o}{X}^T \overset{o}{X})^{-1} \overset{o}{X}^T \overset{o}{Y} - (\overset{o}{X}^T \overset{o}{X})^{-1} \overset{o}{X}^T \overset{o}{X} \overset{o}{B} = 0.$$

С учетом того, что результатом перемножения матриц $(\overset{o}{X}^T \overset{o}{X})^{-1} \overset{o}{X}^T \overset{o}{X}$ является единичная матрица, коэффициенты модели прогнозирования (коэффициенты уравнения регрессии) могут быть определены следующим образом:

$$B = \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_k \end{pmatrix} = (x^T \ x)^{-1} x^T y,$$

где

$$X = \begin{pmatrix} 1 & \hat{x}_{11} & \dots & \hat{x}_{1k} \\ 1 & \hat{x}_{21} & \dots & \hat{x}_{2k} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ 1 & \hat{x}_{n1} & \dots & \hat{x}_{nk} \end{pmatrix}.$$

Тогда:

$$\begin{matrix} O^T & O \\ X & X \end{matrix} = \begin{pmatrix} N & \sum_{j=1}^n \hat{x}_{j1} & \dots & \sum_{j=1}^n \hat{x}_{jk} \\ \sum_{j=1}^n \hat{x}_{21} & \sum_{j=1}^n \hat{x}_{j1}^2 & \dots & \sum_{j=1}^n \hat{x}_{j1} \hat{x}_{jk} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \sum_{j=1}^n \hat{x}_{jk} & \sum_{j=1}^n \hat{x}_{j1} x_{jk} & \dots & \sum_{j=1}^n \hat{x}_{jk}^2 \end{pmatrix}$$

и

$$\begin{matrix} O \\ X^T Y \end{matrix} = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^n y_j^3 \\ \sum_{j=1}^n y_j^3 x_{j1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \sum_{j=1}^n y_j^3 x_{jk} \end{pmatrix}.$$

Если в качестве модели прогнозирования выбираются неполный квадратный полином, имеющий вид:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{\substack{i < q \\ i=1}}^{c^2} b_i q x_i x_q$$

или полный квадратный полином вида:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{\substack{i < q \\ i=1}}^{c^2} b_i q x_i x_q + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2,$$

то нелинейные элементы прогнозной модели трансформируются в линейные:

$$\begin{aligned} \widehat{x}_{k+2} &= x_1 x_2; \dots; \widehat{x}_{k+1+c_k^2} = \widehat{x}_{k-1} \widehat{x}_k; \\ x_{k+1+c_k^2+1} &= \widehat{x}_1^2; \dots; x_{k+1+c_k^2+k} = \widehat{x}_k^2, \end{aligned}$$

а порядок вычисления коэффициентов прогнозной модели остается без изменений.

Если в качестве модели прогнозирования выбирается степенная или экспоненциальная зависимость, то прогнозная модель приводится к линейному виду путем логарифмирования этих зависимостей.

Таким образом, в результате выполнения процедур третьего этапа регрессионного анализа создается модель для определения объема эксплуатационно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунального хозяйства населенных пунктов при проведении аварийно-восстановительных работ после землетрясения, которая имеет вид уравнения множественной регрессии.

На четвертом этапе регрессионного анализа исследуется созданная модель прогнозирования. Проверяется адекватность модели статистическим данным. Анализируется связь между объемом эксплуатационно-восстановительного ремонта инженерных систем и показателями эксплуатационных факторов, обуславливающих этот объем.

Критериями исследования модели прогнозирования являются остаточная дисперсия, дисперсия выходного параметра модели и коэффициент множественной корреляции [11, 12].

Гипотеза о линейности модели прогнозирования принимается в том случае, если дисперсия выходного параметра модели, то есть объем (трудоемкость) α_y^{*2} сопутствующего ремонта превышает остаточную дисперсию $\alpha_{ост}^{*2}$ в 5–10 раз. По-другому, если соблюдается следующее неравенство:

$$\frac{\alpha_y^{*2}}{\alpha_{ост}^{*2}} \geq 5 - 10,$$

где

$$\alpha_{ост}^{*2} = \frac{E}{n - k - 1} = \frac{\sum_{j=1}^n (y_j^3 - y_j)}{n - k - 1};$$

$$\alpha_{y^{*2}} = \frac{\sum_{j=1}^n (y_j^3 - y_j^{*3})^2}{n-1};$$

$$y^{*3} = \frac{\sum_{j=1}^n y_j^3}{n}.$$

Следует иметь в виду, что на практике эмпирическое условие является необходимым условием адекватности модели прогнозирования процессу эксплуатации и ремонта инженерных систем коммунального хозяйства.

При адекватной модели оценка дисперсии выходного параметра складывается из двух составляющих следующим образом.

$$\alpha_{y^{*2}} = \alpha_{y^{*2}\phi} + \alpha_{ост^{*2}}.$$

Составляющая $\alpha_{y^{*2}}$ обуславливается изменениями учтенных сильнодействующих эксплуатационных факторов. Составляющая $\alpha_{ост^{*2}}$ обуславливается изменениями слабо влияющих и неучтенных факторов, а также ошибками в ходе сбора необходимой для прогноза информации.

В идеальном случае $\alpha_{ост^{*2}} = 0$. Это означает, что достоверно известен и учтен состав эксплуатационных факторов, выбран соответствующий исходным данным вид модели прогнозирования и ошибки наблюдений отсутствуют.

В реальных условиях $\alpha_{ост^{*2}} \neq 0$. Поэтому, чем больше отношение $\frac{\alpha_{y^{*2}}}{\alpha_{ост^{*2}}}$, тем точнее модель.

Использование регрессионных прогнозных моделей для прогнозной оценки объема эксплуатационно-восстановительного ремонта инженерных систем при проведении аварийно-восстановительных работ после землетрясения в интересах обоснования управленческих решений по подготовке производства соблюдение неравенства $\frac{\alpha_{y^{*2}}}{\alpha_{ост^{*2}}} \geq 5-10$ недостаточно.

В том случае, если прогнозная модель действительно адекватна исследуемому процессу, то остаточная дисперсия должна не только не превосходить дисперсию выходного параметра, а быть значительно меньше его значения, то есть должно соблюдаться следующее неравенство:

$$\frac{\alpha_{y^{*2}}}{\alpha_{ост^{*2}}} > F_T(a, f_1, f_2),$$

где $f_1 = n-1$; $f_2 = n-k-1$.

На практике поступают следующим образом.

Для принятого уровня значимости α определяется табличное значение критерия Фишера [11, 12].

В том случае, когда прогнозная модель имеет нелинейный вид, то с помощью критерия Фишера проверяется значимость превышения остаточной дисперсии линейной модели над остаточной дисперсией нелинейной модели.

$$\frac{\alpha_{ост.л}^{*2}}{\alpha_{ост.н}^{*2}} > F_T(a, f_1, f_2),$$

$$\alpha_{ост.н}^{*2} = \frac{\sum_{j=1}^n [y_j^3 - \sum b_i x_{ji} - \theta(\hat{x}_{j1}, \dots, \hat{x}_{jk})]}{n - r - 1},$$

где $\theta(\hat{x}_{j1}, \dots, \hat{x}_{jk})$ – нелинейная часть полинома; $f_1=n-k-1$; $f_2=n-r-1$; $r=k+c_k^2-b$ – в случае неполного квадратного полинома; $r=k+c_k^2+k-b$ – в случае полного квадратного полинома.

Если условие превышения остаточной дисперсии линейной модели над остаточной дисперсией нелинейной модели не выполняется, то уменьшение остаточной дисперсии признается случайным и гипотеза о нелинейном виде модели отвергается.

Для анализа связи между прогнозируемым значением объема (трудоемкости) эксплуатационно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунального хозяйства населенных пунктов при проведении аварийно-восстановительных работ после землетрясения и независимыми переменными (эксплуатационными факторами) находят коэффициент множественной корреляции, используя следующее выражение:

$$R = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (y_j^2 - y_j)^2}{\sum_{j=1}^n (y_j^3 - y_j^3)^2}}.$$

Когда статистические данные, характеризующие исследуемые процессы, в большей степени примыкают к линии регрессии, величина R приобретает большее значение.

Среднеквадратическую ошибку коэффициента множественной корреляции определяют по формуле:

$$\alpha_r = \frac{1 - R^2}{\sqrt{n - k - 1}}.$$

Отношение коэффициента множественной корреляции к его среднеквадратической ошибке определяется с помощью критерия Стьюдента следующего вида [11, 12]:

$$t = \frac{R}{\alpha_r}.$$

В том случае, когда при заданном уровне значимости α и числе степеней свободы $f=n-1$ полученная количественная оценка критерия Стьюдента не меньше табличного значения критерия, то связь прогнозируемого параметра с факторами, на основе которых создана модель, можно считать существенной.

В общем случае, при анализе моделей прогнозирования ограничиваются рассмотренными проверками.

Для более широкого анализа разрабатываемых моделей с целью повышения достоверности прогнозных оценок, можно дополнительно выполнить проверку значимости коэффициентов уравнения регрессии.

Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии позволяет в ряде случаев упростить модель за счет исключения из модели несущественных (малозначащих) факторов.

Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии сводится к проверке существенности отличия коэффициентов модели b_i от нуля. Для этого используется критерий Стьюдента следующего вида:

$$t = \frac{|b_i|}{Sb_i},$$

где $Sb_i = \alpha_{ocm}^{*2} a_{ii}$, a_{ii} – диагональный элемент матрицы $(X^T X)^{-1}$.

Если при заданном уровне значимости α и числе степеней свободы $f=n-1$ количественная оценка критерия Стьюдента для конкретного коэффициента меньше табличного значения [11, 12], данный коэффициент считается не существенным, а соответствующий ему эксплуатационный фактор может быть исключен из модели прогнозирования.

После проверки значимости коэффициентов уравнения регрессии производится повторное оценивание коэффициентов модели прогнозирования, то есть вновь выполняется третий этап.

Пятый, заключительный этап, сущностью которого является количественная оценка прогнозируемого объема (трудоемкости) эксплуатационно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунального хозяйства населенных пунктов при проведении аварийно-восстановительных работ после землетрясения, содержит процедуры вычисления точечного и интервального прогнозов объема (трудоемкости) эксплуатационно-восстановительного ремонта на основе взаимосвязи эксплуатационных факторов.

Значение объема эксплуатационно-восстановительного ремонта (точечный прогноз) определяется путем простой подстановки в модель прогнозирования безразмерных значений факторов и вычисления прогнозируемого значения объема (трудоемкости) эксплуатационно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунального хозяйства населенных пунктов при проведении аварийно-восстановительных работ после землетрясения.

В том случае, когда в процессе обоснования управленческих решений по подготовке производства к эксплуатационно-восстановительному ремонту инженерных систем удобнее оперировать факторами в абсолютных, а не в относительных (безразмерных) единицах измерения, модель прогнозирования преобразовывают, заменяя переменную X_i выражением:

$$\hat{X}_i = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\Delta X_i}.$$

При таком преобразовании прогнозной модели приводят корректуру коэффициентов модели прогнозирования с помощью следующих формул:

$$b_c = b_o - \sum_{i=1}^k \frac{X_i'}{\Delta X_i} b_i ; \quad b_i' = \frac{b_i}{\Delta X_i} ;$$

для линейной модели:

$$b'_c = b_0 - \sum_{i=1}^k \frac{X'_i}{\Delta X_i} b_i - \sum_{\substack{i=1 \\ i < q}}^{c^2} \frac{(X_i X_q)'}{\Delta(X_i X_q)} b_{iq};$$

$$b'_i = \frac{b_i}{\Delta X_i} \quad b'_{iq} = \frac{b_{iq}}{\Delta(X_i X_q)};$$

для неполной квадратичной модели и для квадратичной модели:

$$b'_c = b_0 - \sum_{i=1}^k \frac{X'_i}{\Delta X_i} b_i - \sum_{\substack{i=1 \\ i < q}}^{c^2} \frac{(X_i X_q)'}{\Delta(X_i X_q)} b_{iq} + \sum_{i=1}^k \frac{X_i'^2}{\Delta^2 X_i} b_{ii};$$

$$b'_i = \frac{b_i}{\Delta X_i} - 2 \sum_{i=1}^k \frac{X'_i}{\Delta^2 X_i} b_{ii}; \quad b'_{ii} = \frac{b_{ii}}{\Delta^2 X_i}.$$

Интервальный прогноз вычисляется путем построения следующего доверительного интервала:

$$y_p \pm t_a S_p,$$

где t_a – табличное значение распределения Стьюдента при принятом уровне значимости α и числе степеней свободы $f=n-m-1$;

$$S_p = \alpha_{от} \sqrt{[1 + X_p (X^T X)^{-1} X_p]};$$

где X_p – матрица – столбец заданных для прогноза значений факторов.

Таким образом, предлагаемая адаптированная схема проведения регрессионного анализа позволяет определять значения объемов (трудоемкости) эксплуатационно-восстановительного ремонта инженерных систем коммунального хозяйства населенных пунктов при проведении аварийно-восстановительных работ после землетрясения в зависимости от эксплуатационных факторов.

Литература

1. Троянов О.М., Рева Ю.В. Сервисная деятельность в системе безопасности. Ч. 1: Подготовка систем жизнеобеспечения к чрезвычайным ситуациям. Основы сервиса безопасности: монография. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017.
2. Оразымбетов Н.О., Сердюков М.М., Шанин С.А. Ашхабадское землетрясение 1948 г.: Инженерный анализ последствий землетрясения. М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1960. 307 с.
3. Терешкова А.В., Енджиевский Л.В. История аварий и катастроф: монография. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019. 590 с.
4. Сильные землетрясения земного шара во II полугодии 2020 г. по данным ФИЦ ЕГС РАН / Ю.А. Виноградов [и др.] // Российский сейсмологический журнал. 2021. Т. 3. № 1. С. 7–26. DOI: <https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.1.01>.
5. Нигметов Г.М. Анализ последствий Алтайского землетрясения 2003 года // Технологии гражданской безопасности. М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России, 2008. Т. 5. № 3. С. 109–113. ISSN: 1996-8493.

6. Савчук О.Н., Троянов О.М., Рева Ю.В. Теоретические основы безопасности жизнедеятельности: учеб. пособ. для студентов, курсантов и слушателей. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2019.

7. Глушко А.Я. Опасность землетрясений в Южном федеральном округе // Вестник Ставропольского государственного университета. 2009. № 63. С. 170–177.

8. Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС. Кн. 1: Методика оценки последствий землетрясений. Экспресс-методика прогнозирования последствий взрывных явлений на промышленных объектах / В.Ф. Митрофанов [и др.]. М.: МЧС России. 1994. 34 с.

9. Бабкин В.Ф., Яценко В.Н., Хузин В.Ю. Инженерные сети: учеб. пособие. Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. 96 с.

10. МДК 3-02.2001. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации (утв. приказом Госстроя России от 30 дек. 1999 г. № 168) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 17.09.2021).

11. Дрейпер, Норман Ричард, Гарри Смит. Прикладной регрессионный анализ: пер. с англ. / под ред. М. Власенко [и др.]. 3-е изд. М.: Диалектика, 2007. 911 с. Сер.: Теория вероятностей и математическая статистика. ISBN 978-5-8459-0963-3.

12. Анализ данных: учебник для академического бакалавриата / под ред. В.С. Мхитаряна. М.: Изд-во Юрайт, 2016. 490 с. Сер.: Бакалавр. Академический курс. ISBN 978-5-9916-5591-0.

УДК 504.05

ПРОГНОСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ ПРИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВАХ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

**С.Г. Ивахнюк, кандидат технических наук,
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Попадание нефтепродуктов в морские акватории при авариях является одной из наиболее трудно устранимых чрезвычайных ситуаций. Предложена классификация таких загрязнений. Дана характеристика процессов трансформации нефти во времени и пространстве при ее попадании в морскую среду. Рассмотрены возможности прогнозирования распространения нефти в открытом море и прибрежных зонах. При разработке модели применены метод конечных разностей и метод конечных объемов. Определена необходимость использования картографической информации. Представлены примеры визуализации полученных прогнозных значений.

Ключевые слова: нефть, адвекция, диффузия, визуализация, метод конечных разностей, метод конечных объемов, прибрежная зона, открытое море, чрезвычайная ситуация

PREDICTIVE MODELING OF MARINE POLLUTION IN CASE OF EMERGENCY OIL AND PETROLEUM PRODUCT SPILLS

S.G. Ivakhnyk. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The ingress of petroleum products into marine waters during accidents is one of the most difficult emergency situations. The classification of such contaminants is proposed. The characteristic of the processes of transformation of oil in time and space when it enters the marine environment is given. The possibilities of predicting the spread of oil in the open sea and coastal zones are considered. When developing the model, the finite difference method and the finite volume

method were used. The necessity of using cartographic information is determined. The examples of visualization of the obtained forecast values are presented.

Keywords: oil, advection, diffusion, visualization, finite difference method, finite volume method, coastal zone, open sea, emergency situation

Актуальность и цели работы

На сегодняшний день трудно переоценить роль нефти в мировой экономике. Нефть и продукты ее переработки применяются в качестве сырья при производстве синтетических материалов, как энергоносители в технологических процессах, промышленных установках и транспортных системах. Из прогностических оценок ведущих специалистов однозначно следует, что в обозримом будущем глобальная экономика не сможет обойтись без углеводородных источников энергии [1]. Нефть является незаменимой как «ключевой фактор обеспечения международной энергобезопасности» [2].

Следует, однако, отметить, что на всех стадиях жизненного цикла, начиная от разведки месторождений и добычи и заканчивая утилизацией отходов нефти, возможны аварийные ситуации, среди которых разливы занимают важное место. По данным мониторинга Росприроднадзора, в 2019 г. в России было зарегистрировано 819 случаев разлива нефти и нефтепродуктов на общей площади 93,6 га. В 2018 г. – 3 053 случая на площади в 214,5 га [3].

Самым крупным на сегодняшний день остается разлив нефти в Персидском заливе. Он произошел в феврале 1991 г. В результате проведения боевых действий в Персидский залив попало примерно 1,2 млн т нефти и нефтепродуктов.

При столкновении японского сухогруза с рифом у берегов Маврикия в июле 2020 г. из образовавшейся пробоины в океан вылилось около 1 тыс. т нефти. В Литве в декабре 2020 г. при обрыве рукава для перекачки нефтепродуктов в Балтийское море попало около 2 т сырой нефти.

Самый крупный разлив в Арктическом регионе произошел в мае 2020 г. в г. Норильске. При разгерметизации резервуара в окружающую среду попало около 20 тыс. т дизельного топлива. Нефтепродукт попал в р. Амбарную и ее притоки. Причина – внезапное проседание свай фундамента на вечной мерзлоте.

Попадание нефтепродуктов в морские акватории при авариях является одной из наиболее трудно устранимых чрезвычайных ситуаций (ЧС) [4]. Такие загрязнения могут быть разделены на три группы:

1. Небольшие разливы нефтепродуктов, которые связаны с причалами, бункеровкой, сливо-наливными и другими терминальными операциями, а также случайными выбросами нефтепродуктов из машин и оборудования. Такие разливы происходят в порту и являются, например, результатом выхода из строя оборудования или обусловлены нарушениями при организации и проведении производственных работ.

2. Крупные транспортные инциденты (например, столкновения, пожары, аварии на подводных трубопроводах и т.д.) являются потенциальными источниками загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Эти разливы, как правило, приводят к возникновению масштабных ЧС.

3. Сбросы топлива и отработанного масла в морскую среду.

Очевидно, что крупные инциденты с перевозками наносят большой ущерб. Однако и небольшие разливы нефти, относящиеся к первой группе, могут привести к значительным экологическим и экономическим последствиям.

Моделирование разливов нефти является трудной задачей, что обусловлено наличием большого числа факторов, влияющих на передвижение и эволюцию пятна нефти в водной среде. После поступления нефти в морскую среду ее трансформация во времени и пространстве определяется рядом физических, химических и биологических процессов: распространение, испарение, эмульгирование, растворение, вертикальное рассеивание, фотоокисление и биодegradация (табл.).

Таблица. Наиболее важные процессы, происходящие при разливе нефти

| Процесс | Значимость | Время протекания | Обусловленность |
|------------------------------------|---|--|---|
| Распространение | Увеличение площади разлива | От нескольких часов до нескольких недель | Сила тяжести, поверхностное натяжение, инерция, вязкость и/или размер капель |
| Испарение | Потеря 20–40 % массы. Увеличивает плотность и вязкость | От нескольких часов до нескольких дней | Площадь разлива, толщина пятна, давление паров нефти, коэффициент массопереноса |
| Эмульгирование / образование мусса | Поглощение до 80 % воды нефтью. Увеличивает вязкость и объем; Плотность становится сравнима с плотностью морской воды | От нескольких часов до нескольких дней | Турбулентность, температура и состав нефти (например, компоненты, способствующие образованию эмульсии) |
| Биодеградация | Это может быть окончательная стадия для большей части растворенной и диспергированной нефти | От нескольких недель до нескольких лет | Разбавление и способность к растворению углеводородов, содержание в воде питательных веществ и кислорода, местоположение разлива (прибрежное или открытое море) |
| Фотоокисление | Медленное образование насыщенных кислородом полярных водорастворимых соединений, которые влияют на распространение и образование мусса и могут способствовать токсическому воздействию нефти в толще воды | От нескольких часов до нескольких недель | Частота и интенсивность солнечного света или облаков, соотношение дня и ночи |
| Растворение | Потеря приблизительно 1 % массы; важно с токсикологической точки зрения | От нескольких часов до нескольких дней | Коэффициент массопереноса при растворении, растворимость |
| Осаждение | Происходит редко. Причины – перелив волнами, связывание со взвешенными частицами | От нескольких дней до нескольких месяцев | Повышенная плотность в результате атмосферных воздействий, ассоциации с взвешенными частицами или гранулами |
| Отложение на береговой линии | Песок может задерживать определенное количество нефти | – | Расстояние от разлива до берега, течения, волны, морские условия в целом |
| Вертикальная дисперсия | До 2 мг/л в верхней части 10-метрового водяного столба | От нескольких часов до нескольких дней | Состояние моря (сдвиг ветра и разбивающиеся волны) |

Точное прогнозирование поведения загрязняющих веществ важно для принятия эффективных управленческих решений, направленных на минимизацию негативных последствий аварийных разливов нефти и сохранения водных экосистем. На основании прогноза последовательных положений и конфигурации нефтяного разлива, изменения его физико-химических характеристик выбираются стратегии борьбы с его последствиями.

Прогнозированию разливов нефти посвящено значительное количество работ, опирающихся на современные методы математического моделирования, учитывающих гидродинамические и климатические особенности зоны пролива [4–7].

Разливы нефти в мелководных прибрежных зонах являются одними из наиболее опасных, они могут легко нарушить стабильность экосистем, поскольку влияют на фотосинтез и могут серьезно изменять условия жизни людей. Развитие моделей прибрежных и мелководных

зон для прогнозирования поведения загрязняющих веществ является одним из наиболее ценных инструментов для сохранения целостности морской среды [4, 8].

Численная модель должна представлять собой инструмент для понимания, интерпретации и воспроизведения поведения разлива нефти. Поэтому модель должна быть: 1) надежной и универсальной, чтобы точно отражать причины разлива нефти; 2) легко упрощать объем обработки данных; 3) иметь возможность использовать данные в режиме реального времени для корректировки или исправления прогноза.

Результаты исследования и их обсуждение

В работе рассмотрены возможности визуализации модели [8], позволяющей воспроизводить перенос загрязняющих веществ в прибрежных водах и в открытом море с учетом процессов, протекающих при разливе нефти и нефтепродуктов в морской воде. Рассматриваемая модель может быть использована как вспомогательный инструмент для исследования и смягчения последствий разливов нефти с учетом их вредного воздействия на человека и морскую среду.

Разработка модели осуществлялась в следующей последовательности [8]:

- получение уравнения переноса (адвекция-диффузия-реакция), устанавливающего начальные условия для модели;
- использование метода конечных разностей (Finite differences method, FDM) и метода конечных объемов (Finite volume method, FVM);
- проверка полученной модели и ее применение при прогнозировании разливов нефти;
- визуализация полученных данных.

В качестве параметров сетки использовались замкнутые граничные условия ($x_0=0$, $y_0=0$ и $x_1=10$, $y_1=10$), концентрация источника загрязнения была установлена 1 (условия Дирихле).

Уравнение переноса. Поскольку окончательная модель основана на уравнении адвекции-диффузии-реакции (или уравнении переноса), исходным было одномерное уравнение адвекции (1), затем добавлялся дисперсионный член (2) и дополнялся параметрами реакции и времени (3).

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(v * u) = 0, \quad (1)$$

где u – концентрация вещества; t – время; v – скорость адвекции.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(v * u - D \frac{\partial u}{\partial x}) = 0, \quad (2)$$

где D – коэффициент диффузии.

$$\frac{\partial u}{\partial t} - D \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + v \frac{\partial u}{\partial x} + q * u = f, \quad (3)$$

где q – коэффициент реакции.

Двумерная форма уравнения переноса описывает изменение концентрации вещества во времени и пространстве с учетом вклада каждого из описанных выше процессов:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - D_x \frac{\partial^2}{\partial x^2} - D_y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + v_x \frac{\partial u}{\partial x} + v_y \frac{\partial u}{\partial y} + q * u = f, \quad (4)$$

где D_x ; D_y – коэффициенты диффузии по оси x и y ; v_x ; v_y – скорость адвекции по оси x и y .

Метод конечных разностей. Цель состоит в том, чтобы найти алгебраическое выражение, которое будет описывать распределение вещества в пространстве и времени.

Построение схемы конечных разностей включает в себя три этапа:

- введение в рассматриваемое пространство сетки, узлы которой являются расчетными точками;
- аппроксимация уравнений в частных производных алгебраическими выражениями со значениями зависимых переменных в ограниченном числе выбранных точек;
- решение разностных уравнений с учетом заданных граничных и/или начальных условий.

При расчетах исходили из предположения, что скорости по оси абсцисс и оси ординат положительны.

Алгебраическое выражение (5) описывает изменение концентрации загрязняющего вещества.

$$\frac{u_{i,j}^{n+1} - u_{i,j}^n}{\Delta t} - D_x \frac{u_{i+1,j}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i-1,j}^n}{\Delta x^2} - D_y \frac{u_{i,j+1}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i,j-1}^n}{\Delta y^2} + v_x \frac{u_{i,j}^n - u_{i-1,j}^n}{\Delta x} + v_y \frac{u_{i,j}^n - u_{i,j-1}^n}{\Delta y} * q * u_{i,j}^n = f_{i,j}^{n+1}, \quad (5)$$

При решении (5) получаем, что изменение концентрации вещества с использованием схемы конечных разностей будет представлять собой следующее уравнение:

$$u_{i,j}^{n+1} = u_{i,j}^n + D_x \frac{\Delta t}{\Delta x^2} (u_{i+1,j}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i-1,j}^n) + D_y \frac{\Delta t}{\Delta y^2} (u_{i,j+1}^n - 2u_{i,j}^n + u_{i,j-1}^n) - v_x \frac{\Delta t}{\Delta x^2} (u_{i,j}^n - u_{i-1,j}^n) - v_y \frac{\Delta t}{\Delta y^2} (u_{i,j}^n - u_{i,j-1}^n) + q_{i,j}^n * u_{i,j}^n * \Delta t + f_{i,j}^{n+1} \Delta t.$$

Метод конечных объемов. Хотя FDM и FVM довольно похожи, последний ищет приближения к интегральным средним вместо алгебраических выражений в каждом контрольном объеме. Цель состоит в том, чтобы построить численный метод FVM для решения уравнения.

Построение схемы конечных объемов включает в себя следующие этапы:

1. Декомпозиция предметной области на контрольные объемы (CV_s), например, i=1, i=2, ... N, и вычисление узлов, соединяющих их.

Все CV_s должны полностью охватывать проблемную область.

2. Формулировка интегральных уравнений баланса для каждого контрольного объема. После определения CV_s уравнения баланса формулируются в интегральной форме для каждого CV.

3. Аппроксимация интегралов численным интегрированием с применением «правила средней точки». Для переменной, ориентированной на ячейку, выполняется в два этапа:

3.1. Аппроксимация конвективных и диффузионных (физических) потоков значениями на гранях CV (вверх, вниз, влево и вправо).

3.2. Аппроксимация переменной на гранях CV значениями узлов. Рассматриваются потоки Лакса-Вендроффа, Лакса-Фридрихса.

4. Аппроксимация значений функций и производных путем интерполяции с узловыми значениями (CV с центром в ячейке).

5. Сборка и решение дискретной алгебраической системы.

Уравнение (6) является исходным для построения схемы конечного объема:

радиуса (R_s), которая изменяется по траектории (ζ), и скорость распространения нефти ($S(t)$) в процессе диффузии и переноса из-за ветра и морских течений.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u}{\partial t} - \nabla * \frac{u^k}{u_{ref}^k} D \nabla u + \nabla * uw + \nabla * us = \frac{s}{2\pi R_s} \chi B(\zeta(t), R_s) \quad \text{in } \Omega \times (0, T) \\ BC \text{ open sea:} \quad L \frac{\partial u}{\partial t} + \left[-(w + s + P_{tol})u + \frac{u^k}{u_{ref}^k} D \nabla u \right] * n = 0 \quad \text{in } \partial\Omega_0 \times (0, T) \\ BC \text{ coast:} \quad \left(\frac{u^k}{u_{ref}^k} D \nabla u \right) * n = 0 \quad \text{in } \partial\Omega_0 \times (0, T) \\ u(0) = u_0 \end{array} \right. ,$$

где u^k – концентрация вещества; u_{ref}^k – референтная концентрация загрязняющих веществ (принимаяем $u_{ref}^k=1$) и $k>0$ (типичные значения 1, 2, 3); D – коэффициент диффузии; w – горизонтальная составляющая скорости ветра, умноженная на соответствующий коэффициент сопротивления; s – скорость морского течения; $L = \sqrt{(x_{max} - x_{min})^2 + (y_{max} - y)^2}$ – характерный размер области (Ω); P_{tol} – скорость откачки.

Использование сведений о координатах береговой линии, наличии островов и другой геоморфологической информации в районе аварии позволит повысить точность расчета и избежать существенных ошибок при прогнозировании. Эти сведения являются важным элементом в модельном комплексе, представляя граничное условие для решения задачи о распространении нефти. Причем, при расчетах и анализе поведения разливов в прибрежной зоне необходимо использовать данные, полученные с одной карты района аварии.

Для повышения точности прогнозирования предусмотрено использование картографической информации при работе модели. Возможности визуализации результатов расчетов представлены на рисунке.

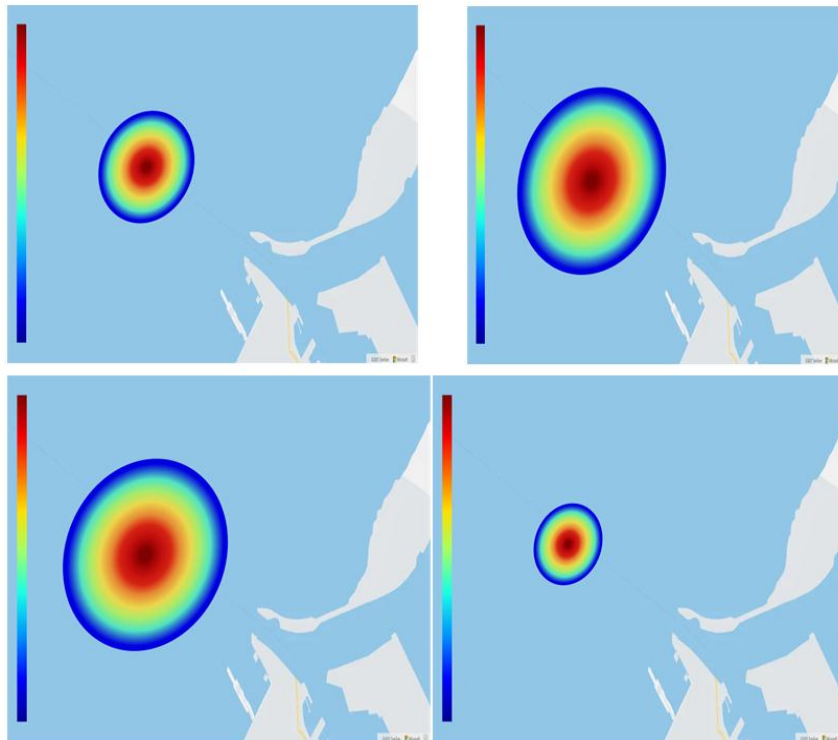


Рис. Моделирование распространения нефти с использованием картографической информации

Заключение

Представленная математическая модель хорошо воспроизводит движение разлива нефти при моделировании прибрежных зон и открытого моря. Для повышения точности прогнозирования предусмотрена возможность использование картографической информации при работе модели. Дальнейшие работы необходимо направить на расширение возможностей модели в плане учета вертикальной дисперсии и осаждения. Однако такие модели являются более сложными, их реализация потребуют большого количества исходных данных, что может сказаться на временных характеристиках прогнозирования и принятия управленческих решений по ликвидации ЧС.

Литература

1. BP Energy Outlook 2020 edition. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2020.pdf> (дата обращения: 23.08.2021).
2. Яковлев П.П. Нефть в глобальной экономике и мировой торговле // Международная торговля и торговая политика. 2018. № 3 (15). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neft-v-globalnoy-ekonomike-i-mirovoy-torgovle> (дата обращения: 06.11.2021).
3. Хронология крупнейших случаев разлива нефти и нефтепродуктов в России. URL: <https://tass.ru/info/8641491> (дата обращения: 06.10.2021).
4. Романов Р.П., Алексеев В.А. Методы моделирования разливов нефти // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-modelirovaniya-razlivov-nefti> (дата обращения: 08.09.2021).
5. Simecek-Beatty D., Lehr W. J. Oil spill forecast assessment using Fractions Skill Score // Marine Pollution Bulletin. 2021. Vol. 164. P. 112041.
6. Wang D., Guo W., Kong S., Xu T. Estimating offshore exposure to oil spill impacts based on a statistical forecast model // Marine Pollution Bulletin. 2020. Vol. 156. P. 111213.
7. Marcati A., M. Prete M.I., Mileti A., Cortese M., Zodiatis G., Karaolia A., Gauci A., Drago A. Analysis of the development and diffusion of technological innovations in oil spill forecasting: The MEDESS-4MS case // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. 2016. Vol. 133. P. 186–195.
8. Barrios D. A. J. Numerical simulation of spills: application to a coastal zone. Madrid, 2016. 57 p.

УДК 614.841

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СНИЖЕНИЕ ДИНАМИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА НА ВОЗДУШНОМ СУДНЕ

И.Г. Малыгин, доктор технических наук, профессор.

Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко

Российской академии наук.

С.В. Скодтаев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены технические решения, направленные на обеспечение условий безопасной эвакуации людей из салона пассажирского воздушного судна. Установлена зависимость динамики распространения опасных факторов пожара от предела огнестойкости

заполнения иллюминаторов, применения системы дымоудаления. Предложена имитационная модель в численной среде, которая позволяет эффективно спрогнозировать динамику развития пожара в воздушном судне при различных сценариях.

Ключевые слова: исследование пожара, пожар на воздушном судне, необходимое время эвакуации, распространение пожара, анализ авиационных катастроф

JUSTIFICATION OF TECHNICAL SOLUTIONS AIMED AT REDUCE THE DYNAMICS OF THE DANGEROUS FACTORS OF AIRCRAFT FIRE

I.G. Malygin. Solomenko institute of transport problems of the Russian academy of sciences.
S.V. Skodtaev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The paper considers technical solutions aimed at ensuring conditions for the safe evacuation of people from the passenger aircraft cabin. The dependence of the dynamics of the propagation of dangerous factors of fire on the limit of fire resistance of filling the windows, the use of a smoke exhaust system has been established. A simulation model in a numerical environment is proposed, which makes it possible to effectively predict the dynamics of the development of a fire in an aircraft under various scenarios.

Keywords: fire investigation, aircraft fire, required evacuation time, spread of fire, analysis of aviation crash

Введение

Пожар на любом объекте защиты представляет собой неконтролируемое горение, создающее угрозу жизни и здоровью людей. Для предотвращения возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей и имущество опасных факторов пожара, создаются различные системы противопожарной защиты и предотвращения пожара.

Одним из основных критериев защиты людей является обеспечение выполнения условий безопасной эвакуации во время пожара [1, 2].

В соответствии со ст. 53 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [3] безопасная эвакуация людей из зданий и сооружений при пожаре считается обеспеченной, если интервал времени от момента обнаружения пожара до завершения процесса эвакуации людей в безопасную зону не превышает необходимого времени эвакуации людей при пожаре.

Для оценки выполнения условий безопасной эвакуации в зданиях и сооружениях используются методики [4, 5], содержащие математические модели движения людей и распространения опасных факторов пожара. В указанных методиках исследуются сценарии пожара, в условиях которых происходит блокирование путей эвакуации продуктами горения. Рассматриваются различные сценарии пожара, объединенные одним общим свойством – очаг пожара всегда размещается в помещении. Соответственно, для эвакуации людей при возникновении происшествия доступны все выходы из здания.

Другая ситуация складывается при рассмотрении объектов транспорта, в частности, воздушных пассажирских судов. В этом случае очаг пожар может располагаться как внутри, так и снаружи объекта, например, при осуществлении жесткой посадки судна, разгерметизации топливного бака и разливе топлива.

При разливе топлива и внешнем тепловом воздействии на воздушное судно создаются одни из наихудших условий с точки зрения обеспечения пожарной безопасности людей, находящихся внутри салона. Дело в том, что в этом случае мгновенно блокируется задняя часть самолета и для эвакуации остаются доступными только два выхода, расположенные в носовой части самолета.

Кроме того, блокируемая часть самолета находится в непосредственном огневом воздействии. Мощность падающего теплового потока достигает 150–200 кВт/м² [5].

Вследствие этого может разрушиться материал, заполняющий иллюминаторы, и раскаленные продукты горения распространятся внутрь салона.

В этих условиях динамика распространения опасных факторов пожара будет определять направление эвакуации людей. Сам же процесс эвакуации будет отличаться от порядка, регламентированного требованиями [6], когда используются выходы, расположенные в разных концах салона, и главным критерием является необходимость покинуть воздушное судно в течение 90 с.

Объект, модели, результаты исследования и обсуждение

В качестве объекта исследования рассмотрен сценарий пожара, возникшего в результате пролива топлива при аварийной посадке воздушного судна. Имитационное моделирование, прогнозирующее тепловое воздействие на фюзеляж воздушного судна от горящего топлива, будет произведено с помощью полевой модели динамики развития пожара [7, 8] в программе Fire Dynamics Simulator (FDS) [9] с использованием препроцессора PyroSim (URL: <https://www.pyrosim.ru/>).

Программа FDS разработана национальным институтом стандартов и технологий США (National Institute of Standards and Technology. URL: <https://www.nist.gov/>), прошла соответствующую верификацию и валидацию и нашла широкое применение для решения задач обеспечения пожарной безопасности.

На рис. 1 представлена расчетная 3D-модель части самолета (пассажи́рский отсек) и очага пожара. Пролив топлива находится непосредственно под корпусом самолета.

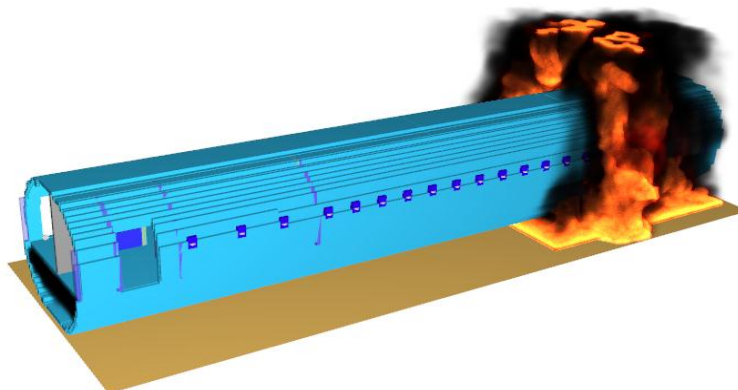


Рис. 1. Модель части самолета в программе PyroSim

Важным этапом моделирования являлся выбор достаточности размера расчетной сетки.

При математическом моделировании пожар рассматривается как турбулентное течение реакционноспособной смеси газов с широким спектром временных и пространственных масштабов.

Данное течение описывается системой дифференциальных уравнений, которые решаются численно в пределах расчетной области. Расчетная область создается путем разбиения физического исследуемого объекта на ячейки, внутри которых свойства среды постоянны. Чем мельче ячейка, тем точнее результаты расчетов.

Однако детальное и исчерпывающее описание всех масштабов турбулентного течения для практических целей невозможно и нецелесообразно. Так, для точного описания химических реакций, происходящих при горении, понадобилась бы сетка не больше 1 мм.

Один из способов оптимального выбора размеров ячейки сетки заключается в постепенном уменьшении размеров ячеек и сравнении результатов расчета. Как только результаты перестанут меняться, сетка считается оптимальной, то есть результаты расчета станут не чувствительны к сетке.

Также при проведении подобных расчетов допустимо пользоваться критериями, приведенными в руководстве к используемому программному комплексу.

Так, например, для программы FDS размер ячейки выбирается исходя из мощности тепловыделения очага пожара и его первоначальных размеров [9]:

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{T \cdot \rho \cdot c \cdot \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}},$$

где D^* – безразмерный диаметр очага пожара; \dot{Q} – мощность очага, кВт; T – температура среды, К; ρ – плотность среды, кг/м³; c – удельная теплоемкость среды, кДж/кгК; g – ускорение свободного падения, м²/с.

По результатам исследований [5] оптимальной считается сетка, размер ячейки которой удовлетворяет неравенству:

$$4 < \frac{D^*}{\Delta x} < 16,$$

где Δx – линейный размер ячейки сетки.

Для рассматриваемого случая пожара пролива безразмерный диаметр очага пожара составит:

$$D^* = \left(\frac{31,36 \cdot 0,04 \cdot 43 \cdot 10^6}{300 \cdot 1,2 \cdot 1000 \cdot \sqrt{9,8}} \right)^{\frac{2}{5}} = 4,7.$$

Тогда, размер ячейки сетки должен быть в интервале:

$$0,29 < \Delta x < 1,18.$$

В рассматриваемой работе задавалась равномерная сетка, размер ячейки которой составил 0,3 м.

В качестве материала заполнения иллюминаторов использовался полиметилметакрилат, критическая температура воспламенения которого составляет 380 °С [10]. В расчетной модели при достижении критической температуры предполагалось разрушение заполнения иллюминаторов.

Результаты расчетов показали, что уже на 16 с пожара на поверхности иллюминаторов, расположенных в области непосредственного огневого воздействия, температура достигала критического значения. На рис. 2 представлено срабатывание датчика при достижении температуры 380 °С на поверхности одного из иллюминаторов.

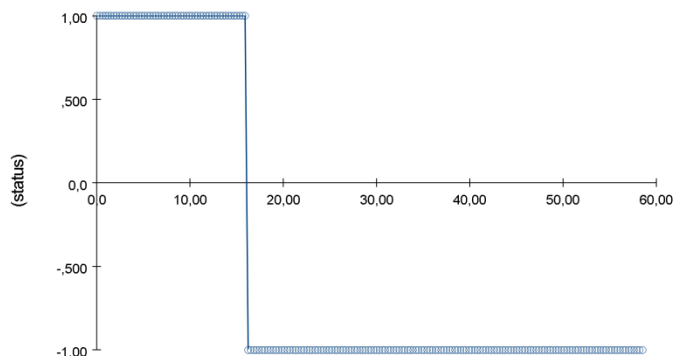


Рис. 2. Период достижения критической температуры на поверхности иллюминатора в области непосредственного огневого воздействия

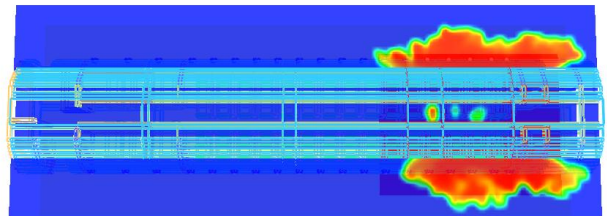
После разрушения иллюминаторов продукты горения интенсивно заполняют салон воздушного судна. Результаты времени блокирования выходов из салона опасными факторами пожара представлены в табл. 1.

Таблица 1. **Время блокирования выходов из салона, сценарий № 1**

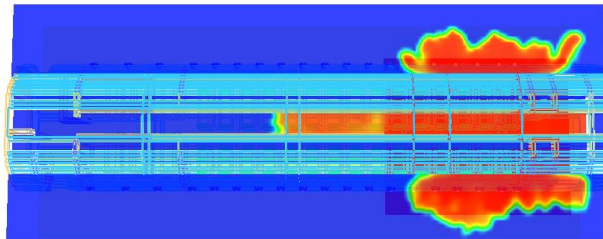
| Выход | Время, с | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------|----------------|-----|-----------------|
| | Температура | Видимость | O ₂ | CO | CO ₂ |
| Выходы в носовой части самолета | 39 | 33 | 40 | >60 | >60 |
| Выходы в хвостовой части самолета | Заблокированы снаружи | | | | |

На рис. 3 представлены поля температуры на высоте 1,7 м от уровня пола салона самолета в различные моменты времени.

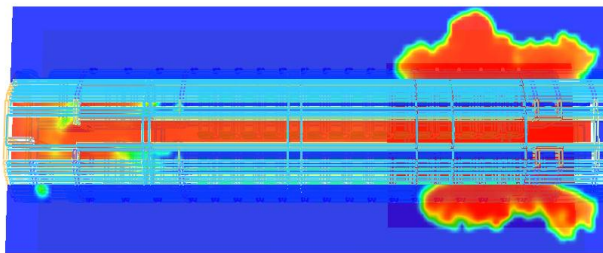
Из рис. 3 видно, что в случае пожара пролива происходит быстрое разрушение заполнений иллюминаторов и продукты горения менее чем за одну минуту блокируют эвакуационные пути.



(а)



(б)



(в)

Рис. 3. Поля температуры в различные моменты времени:
а – 20 с; б – 27 с; в – 33 с

Исходя из полученных результатов моделирования, возникает необходимость разработки дополнительных технических решений в виде повышения предела огнестойкости заполнения проемов иллюминаторов.

Предел огнестойкости должен подбираться таким образом, чтобы была обеспечена целостность конструкции заполнения иллюминаторов на время, необходимое для безопасной эвакуации людей из салона самолеты.

Далее будет рассмотрена ситуация, при которой очаг пожара расположен внутри салона воздушного судна (рис. 4). Очаг расположен в хвостовой части салона.

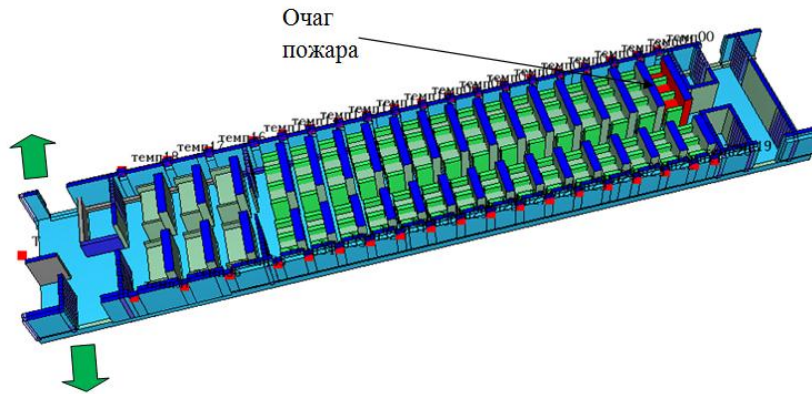


Рис. 4. Модель салона самолета

В условиях данного сценария также блокируются два выхода в хвостовой части. Полученное в результате моделирования время эвакуации для данного сценария приведено в табл. 2.

Таблица 2. Время блокирования выходов из салона, сценарий 2

| Выход | Время, с | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------|----------------|-----|-----------------|
| | Температура | Видимость | O ₂ | CO | CO ₂ |
| Выходы в носовой части самолета | 56 | 45 | 67 | >70 | >70 |
| Выходы в хвостовой части самолета | Блокируются очагом пожара | | | | |

Результаты расчетов показали, что в случае пожара в салоне самолета пути эвакуации блокируются опасными факторами пожара в течение 45 с, что в два раза меньше времени, закладываемого на процесс эвакуации в соответствии с требованиями [6].

В этой связи также возникает необходимость разработки дополнительных противопожарных мероприятий. Например, применение в салоне самолета системы дымоудаления.

На рис. 5 представлен пример расстановки клапанов дымоудаления в салоне самолета.

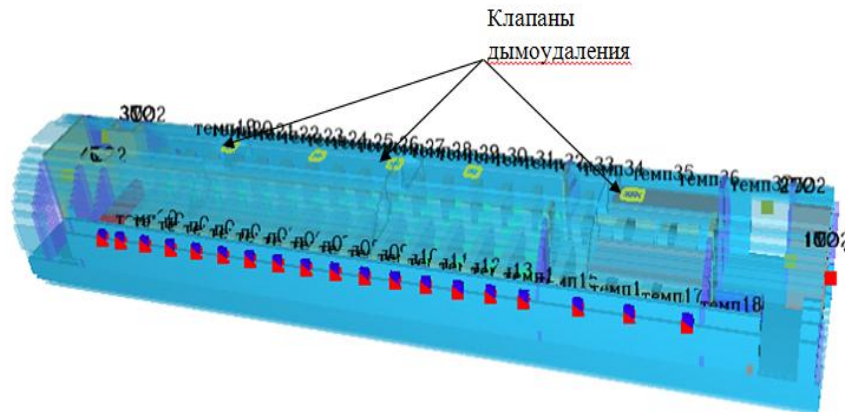


Рис. 5. Расположение клапанов дымоудаления в салоне самолета

В табл. 3 приведено время блокирования опасными факторами пожара эвакуационных выходов при условии работы системы дымоудаления в салоне воздушного судна.

Таблица 3. **Время блокирования выходов из салона, сценарий 3**

| Выход | Время, с | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------|----------------|------|-----------------|
| | Температура | Видимость | O ₂ | CO | CO ₂ |
| Выходы в носовой части самолета | >100 | >100 | >100 | >100 | >100 |
| Выходы в хвостовой части самолета | Заблокированы с момента начала горения | | | | |

Результаты расчетов показали, что выходы в носовой части самолета не блокируются в течение рассматриваемого времени моделирования (100 с).

На рис. 6 видно, что часть самолета все-таки заполняется продуктами горения в области расположения очага пожара. Однако дальше по проходу опасные факторы пожара не распространяются, что может свидетельствовать об эффективности работы системы дымоудаления.

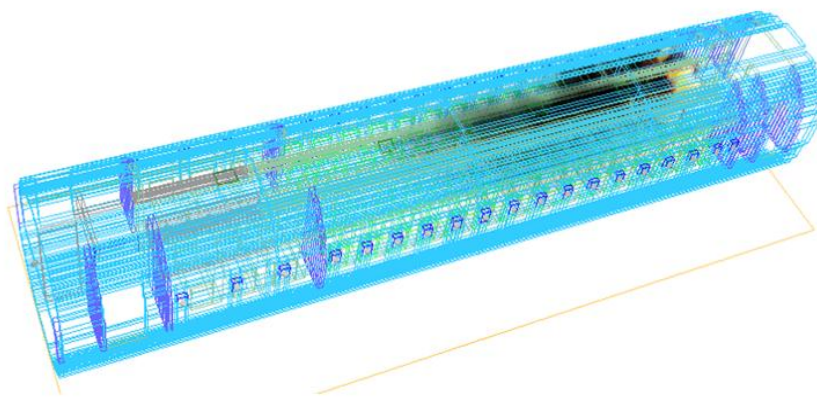


Рис. 6. **Задымление части салона самолета при работе системы дымоудаления**

Заключение

Проанализировав полученные результаты моделирования, можно сделать вывод, что предложенные модели расчета необходимого времени эвакуации людей из салона пассажирского самолета позволяют спрогнозировать наихудшие условия развития пожара и оценить степень обеспечения безопасности пассажиров при возникновении происшествия.

Результаты проведенного моделирования наиболее распространенных сценариев пожара на воздушном пассажирском судне показали необходимость применения на подобных объектах транспорта дополнительных технических решений, направленных на повышение безопасности людей при возникновении происшествия, а именно:

- повышение предела огнестойкости заполнения иллюминаторов;
- применение в пассажирском салоне системы дымоудаления.

Эффективность предложенных технических решений была подтверждена проведенным моделированием, в котором повышались значения времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара (увеличивалось необходимое время эвакуации), и, следовательно, увеличивалась вероятность успешной эвакуации людей из салона воздушного судна в случае возможного пожара.

Литература

1. Эвакуация и поведение людей при пожарах: учеб. пособие / В.В. Холщевников [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 262 с.
2. Таранцев А.А. Методы расчета времени эвакуации людей из зданий и сооружений. учеб. пособие / под ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2009. 42 с.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (в ред. от 30 апр. 2021 г.): Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности: приложение к приказу МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приложение к приказу МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории: постановление 28-й сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства от 11 дек. 2008 г. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. Снегирев А.Ю. Моделирование тепломассообмена и горения при пожаре: дис. ... д-ра техн. наук. СПб.: С.-Петербург. гос. политехн. ун-т, 2004. 270 с.
8. Применение полевого метода математического моделирования пожаров в помещениях: метод. рекомендации / А.М. Рыжов [и др.]. М.: ВНИИПО, 2002. 35 с.
9. McGrattan K., McDermott R., Hostikka S., Floyd J., Vanella M. Fire Dynamics Simulator. Users Guide. NIST Special Publication 1019, Sixth ed. 2020. 410 p.
10. Quintiere J.G. Principles of Fire Behavior. New York: Delmar Publishers, 1997. 258 p.



ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

УДК 614.849

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-СКАНЕРА ПРИ ОСМОТРЕ МЕСТА ПОЖАРА

Т.П. Сысоева, кандидат технических наук;

С.Ф. Лобова;

О.М. Латышев, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Авторами обосновано, что технология 3D-сканирования может применяться для осмотра места пожара как обеспечивающая качественную экспертную оценку, прежде всего, сложных объектов современной инфраструктуры. В ходе работы установлено, что данная система создает 3D-изображение места пожара, четко выявляет изменения цветовой гаммы предметов, подвергшихся воздействию огня и высоких температур, а также их деформацию и степень разрушения.

Ключевые слова: пожар, осмотр, экспертное исследование, 3D-сканер, эксперт

THE USE OF A 3D SCANNER WHEN EXAMINING A FIRE SITE

T.P. Sysoeva; S.F. Lobova; O.M. Latyshev.

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

The authors substantiate that the 3D scanning technology is applicable for the inspection of the fire site as providing a high-quality expert assessment of primarily complex objects of modern infrastructure. During the research, it was found that this system creates 3D images of the fire site, clearly identifies changes in the color scheme of objects exposed to fire and high temperatures, as well as their deformation and integrity.

Keywords: fire, inspection, expert examination, 3D scanner, expert

В настоящее время научно-технический прогресс затрагивает все жизненные сферы человеческой деятельности. Поэтому для повышения эффективности расследования мест пожаров невозможно обойтись без современных научных разработок в различных направлениях науки. Учитывая современное развитие инфраструктуры, вырастают и площади объектов пожаров [1, 2]. Например, вспомним недавний пожар, произошедший 15 апреля 2021 г. на территории «Невской мануфактуры», где огнем было охвачено около 300 м². Для эксперта это вызывает большие сложности при осмотре места пожара и построения схемы осмотра. При таких объемах мест происшествия будет актуально использование системы 3D-сканирования. В МЧС России данной системе не уделяется должного внимания. А в рамках МВД России данная система 3D-сканирования хорошо раскрывается в монографии В.А. Середовича, А.В. Комиссарова «Наземное 3D-сканирование» [3] и в научной статье

С.Н. Думнова «К вопросу применения метода лазерного 3D-сканирования при производстве судебной автотехнической экспертизы» [4].

Наземное лазерное сканирование является одним из новых методов исследования места пожара, который обеспечивает качественную оценку места пожара. Метод ранее не получил широкого использования в рамках пожарно-технической экспертизы. Цель проведенного исследования – раскрыть возможности нового метода применительно к практике осмотра места пожара с учетом сложности объектов современной инфраструктуры, представить соответствующие рекомендации.

Наземный лазерный сканер – это съемочная система, проводящая измерение с высокой скоростью (от нескольких тысяч до миллиона точек в секунду) расстояния от сканера до поверхности объекта исследования и регистрирующая соответствующие направления (вертикальные и горизонтальные углы) с последующим формированием трехмерного изображения (скана) объекта в виде облака точек [5, 6] (рис. 1).

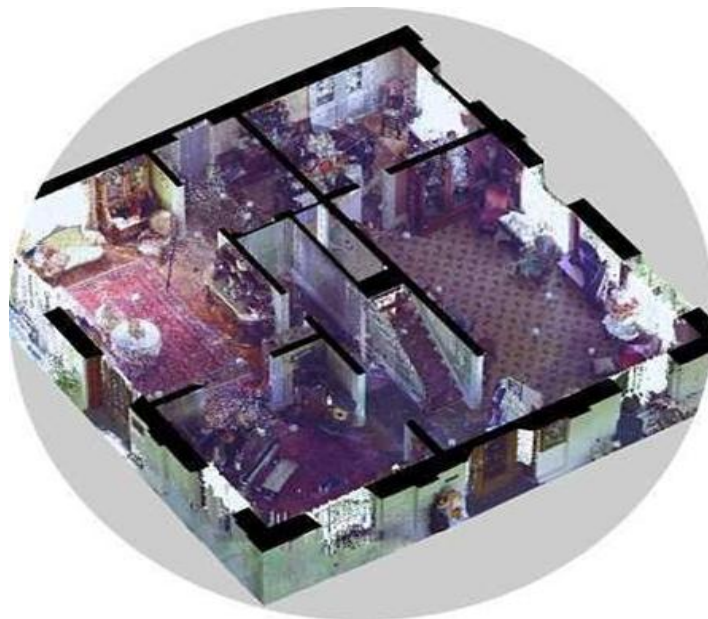


Рис. 1. Результаты лазерного 3D-сканирования объекта

Лазерное сканирование места происшествия создает условия для последующей продуктивной работы эксперта, независимо от его местоположения с 3D-моделью объекта. Что позволяет в любой момент времени просматривать место происшествия, где уже природные факторы не смогут оказать влияние на видоизменение объекта [7, 8].

Данный способ фиксации обстановки места пожара – лазерное 3D-сканирование – позволяет зафиксировать вещную обстановку места происшествия до начала проведения следственных действий и спасательных работ, в результате которых происходит изменение обстановки места пожара. Важную роль лазерное сканирование играет при осмотре больших территорий и объектов, значительно пострадавших в результате пожара, а также пожаров в лесах, которые происходят на всех территориях регулярно [7].

В настоящее время разработано много моделей приборов, способных осуществлять лазерное 3D-сканирование объектов, например: Leica HDS8800 (производитель Leica Geosystems, Швейцария), RIEGL VMX-250 (производитель «RIEGL Laser Measurement Systems GmbH», Австрия) и другие модели [4, 5] (рис. 2).

Все приборы позволяют проводить сканирование объектов как с земли, так и с воздуха с применением беспилотных летательных аппаратов.



Рис. 2. 3D-сканеры: Leica HDS8800; Leica ScanStation P20
(производитель Leica Geosystems, Швейцария)

Есть три принципа работы данных моделей приборов:

- первый заключается в том, что осуществляется дистанционное зондирование исследуемого объекта [8, 9]. Данный принцип позволяет проводить работы на расстоянии от еще горящего объекта, и специалист может лично не присутствовать на осмотре. Эта функция также позволяет специалисту начать исследование по установлению очага и причины пожара;
- второй заключается в том, что по полноте и подробности получаемой информации с лазерным сканированием не может сравниться ни один из ранее реализованных методов [8, 9]. При осмотре сложных и больших по площади мест пожаров это особенно актуально, так как обычно такие пожары приводят к большим разрушениям сооружений, обвалам строительных конструкций и созданием слепых труднодоступных зон для оперативного осмотра;
- третий заключается в большой скорости проведения лазерного сканирования, что помогает сократить время осмотра места пожара [7–9].

Ниже представлены технические параметры приборов, представленных на рис. 2 (табл.).

Таблица

| Технические характеристики | 3D-сканер Leica HDS8800 |
|--|---|
| Тип инструмента | Импульсный со встроенным двухосевым компенсатором наклона |
| Точность измерения расстояния | 10 мм на 200 м; 20 мм на 1 000 м |
| Максимальное расстояние | 1 200 м |
| Частота сканирования | до 8 800 точек/сек |
| Угловая точность (по вертикали/горизонтали) | $\pm 0,010^\circ / \pm 0,010^\circ$ |
| Размер пятна лазера | 24 мм на 50 м |
| Максимальное расстояние | 2 000 м |
| Частота сканирования | до 8 800 точек в секунду |
| Поле зрения по вертикали/ по горизонтали | $80^\circ / 360^\circ$ |
| Видеоискатель | встроенная цифровая камера |
| Длительность работы от аккумулятора, ч | до 3 ч |
| Рабочая температура, °С | $-40^\circ\text{C} - +50^\circ\text{C}$ |
| Температура хранения, °С | $-20^\circ\text{C} - +70^\circ\text{C}$ |
| Размеры сканера, мм | 492 x 250 x 377 |
| Вес сканера, кг | 13,9 |

| Технические характеристики | 3D-сканер Leica ScanStation P20 |
|---|---|
| Тип инструмента | Импульсный, высокоскоростной лазерный сканер с двухосевым компенсатором |
| Точность определения положения точки | 3 мм на 50 м |
| Точность измерения расстояния | ≤1 мм на 50 м |
| Максимальное расстояние | 120 м при отражении 18 % |
| Угловая точность (по вертикали/горизонтали) | 8"/8" (40 мкрад/40 мкрад) при 1 sigma |
| Размер пятна лазера | ≤ 2,8 мм |
| Частота сканирования | до 1 000 000 точек в секунду |
| Поле зрения по вертикали/ по горизонтали | 270° / 360° |
| Видеоискатель | встроенная цифровая видеокамера |
| Длительность работы от аккумулятора, ч | от 7 ч |
| Рабочая температура, °С | -20 °С – +50 °С |
| Температура хранения, °С | -40 °С – +70 °С |
| Вес сканера, кг | 12 |

Для работы с технологиями 3D-сканирования требуется мощный компьютер и лицензионное программное обеспечение, без этих требований к рабочему месту специалиста работа осуществляться не может. Как видно из требований к работе, данная технология имеет высокие материальные затраты, но ее потенциал открывает новые перспективы в развитии технологий, методов и принципов производства осмотра места пожара [10]. Получаемые трехмерные модели мест пожаров можно быстро масштабировать, вращать и передвигать, что позволяет специалистам быстро передавать данные по осмотру в рамках коллегиальных решений [11].

Еще одной полезной функцией, которой обладает данный метод исследования – это способность виртуального просмотра места пожара [11, 12]. Данная функция может повлиять на достоверность доказательной базы специалиста в суде и предоставляет возможность наглядно продемонстрировать очаговые признаки или нормативное несоответствие с правилами пожарной безопасности.

Данную технологию исследования сейчас подробно изучают в исследовательском центре экспертизы пожаров Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России в целях рассмотрения возможности дальнейшего внедрения в испытательные пожарные лаборатории. Есть одна проблема, как указывалось выше, – эта технология не из дешевых, но она очень информативна и предоставляет новые возможности при осмотре места пожара.

Практика применения сотрудниками центра 3D-сканеров непосредственно при осмотре мест происшествий и дальнейшая цифровая обработка полученных результатов показала высокую эффективность данной процедуры и получения 3D-изображения места пожара как в ходе статического осмотра, так и после динамического.

Дальнейшая работа эксперта с полученным изображением, при помощи программных средств, позволила более четко выявлять изменения цветовой гаммы предметов, подвергшихся воздействию огня и высоких температур, их деформации и целостности, а равно и очаговых признаков, что впоследствии приводит к более точному установлению места возникновения горения.

Немаловажным аспектом применения 3D-сканирования является фиксация места происшествия, сохранение вещной обстановки и возможность хранения полученной информации на электронных носителях в материалах проверок правоохранительных органов. Это актуально для эксперта в случаях производства повторных экспертиз, ведь зачастую повторные экспертизы проводятся через длительное время после происшествия и возможность повторного осмотра места пожара невозможна либо бессмысленна ввиду изменения вещественной обстановки.

В заключение следует отметить, что система 3D-сканирования еще не имеет широкого применения при осмотре места пожара в системе МЧС России. В связи с этим в качестве рекомендации авторами, во-первых, предлагается предусмотреть первоначальное внедрение 3D-сканеров на территории Российской Федерации не во всех структурных подразделениях, а только в судебно-экспертных учреждениях, входящих в первый уровень по количеству исследуемых крупных пожаров. Во-вторых, авторы исходят из того, что дальнейшее обобщение результатов практического внедрения наземного лазерного сканирования как перспективного метода исследования места пожара позволит совершенствовать соответствующие технологии, обеспечивающие качественную экспертную оценку с учетом сложности объектов современной инфраструктуры.

Литература

1. Цацурина В.А. Поиск альтернативных сфер применения технологии лазерного сканирования // Трибуна ученого. 2020. № 5. С. 111–117.
2. Опыт применения наземного лазерного сканирования при обследовании инженерных сооружений / Д.А. Афонин [и др.] // Геодезия и картография. 2020. Т. 81. № 4. С. 2–8.
3. Пожары на сельскохозяйственной технике и причины их возникновения / В.Н. Пасовец [и др.] // Вестник университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2021. Т. 5. № 2. С. 193–205.
4. Наземное лазерное сканирование / В.А. Середович [и др.]: монография. Новосибирск: СГГА, 2009. С. 261.
5. Думнов С.Н. К вопросу применения метода лазерного 3d-сканирования при производстве судебной автотехнической экспертизы // Вестник Восточно-Сибирского института Министерства внутренних дел России. 2019. № 3 (90). С. 133–145.
6. Несмиянова И.О. 3D сканирование в экспертной деятельности: понятие, сущность и возможности применения // Systems and Management. 2020. Т. 2. № 2. С. 50–67.
7. Применение лазерного сканирования для мониторинга инженерных сооружений / А.А. Солодунов [и др.] // Colloquium-journal. 2019. № 26-2 (50). С. 78–80.
8. Spatial models developed using laser scanning at gas condensate fields in the northern construction-climatic zone / S.N. Men'shikov [et al.] // Journal of Mining Institute. 2019. Т. 238. С. 430–437.
9. Грибкова Л.А., Горстка Н.А. Недостатки, преимущества и возможности лазерного сканирования // Научная дискуссия современной молодежи: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. статей III Междунар. науч.-практ. конф.: в 2-х ч. Белгород: Изд-во Белгородского ун-та кооперации, экономики и права, 2018. С. 48–50.
10. A triangulation sensor for measuring the displacements and high-precision monitoring of the production performance / V.A. Stepanov [et al.] // Physics and Mathematics. 2020. Т. 13. № 1. С. 54–65.
11. Виды лазерного сканирования и их особенности / А.А. Солодунов [и др.] // Colloquium-journal. 2019. № 27-2 (51). С. 83–86.
12. Aukazhiyeva Zh.M., Mussagaliyeva B.E. Creating a three-dimensional model using laser scanning // Евразийский союз ученых. 2020. № 10-7 (79). С. 12–19.

УДК 614.845.1

КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОРОШКОВЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПО МОЩНОСТИ ТЕПЛОПОГЛОЩЕНИЯ ИХ ОГNETУШАЩЕГО ВЕЩЕСТВА

**Д.Ф. Кожевин, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрена перспективная концепция перехода от существующей оценки эффективности огнетушителей по величине огнетушащей способности – к оценке

по мощности теплопоглощения огнетушащего вещества. С точки зрения тепловой теории самовоспламенения и закона Джоуля-Ленца, оперируя величинами скорости (мощности) тепловыделения из зоны реакции и скоростью (мощностью) теплоотвода в окружающую среду, обоснована корреляция величины мощности тепловыделения из зоны горения с электрической мощностью.

При горении вещества (или материала) и при нагревании нити накаливания повышение температуры ограничивается мощностью теплоотвода в окружающую среду. Следовательно, графики пересечения функций скорости теплоотвода и скорости тепловыделения при горении пересекаются в той же точке (критическая мощность), в которой пересекаются функция скорости теплоотвода и функция электрической мощности.

Исходя из этого, по правилу подобия и анализа размерности разработан безразмерный комплекс, показывающий значение мощности тепловыделения соответствующему значению заданной электрической мощности. Сущность метода заключается в определении разности мощности тепловыделения нити накаливания установки без внесения в пламя и при внесении этой нити в очаг горения. Полученная разность мощностей и есть значение мощности тепловыделения из заданного очага пожара.

Из вышеизложенных предпосылок разработана и запатентована установка для определения мощности тепловыделения из зоны горения, полученная по значению электрической мощности нити накаливания, находящейся в пламени. Установка позволяет не только определить численное значение мощности тепловыделения, но и получить численное значение мощности теплопоглощения огнетушащего вещества. Теоретические предпосылки к чему также приведены в статье.

Ключевые слова: огнетушение, первичные средства, мощность теплопоглощения, электрическая мощность, методы и оборудование, испытания

THE CONCEPT OF APPLICATION OF HEAT ABSORPTION POWER IN THE ASSESSMENT OF PRIMARY POWDER EXTINGUISHING MEDIA

D.F. Kozhevin. Saint-Petersburg university of State fire Service of EMERCOM of Russia

The article discusses the transition of assessing the effectiveness of fire extinguishers from the magnitude of the fire extinguishing ability to the power of heat absorption of the fire extinguishing agent.

From the point of view of the thermal theory of self-ignition and the Joule-Lenz law, in terms of the rate (power) of heat release from the reaction zone and the rate (power) of heat removal into the environment, the dependence of the value of the power of heat release from the combustion zone with electrical power is substantiated. During combustion and during heating of the filament, the increase in temperature is limited by the power of heat removal to the environment. Consequently, graphically, the intersection of the function of the rate of heat removal and the function of the rate of heat release during combustion intersect at the same point (critical power) at which the function of the heat removal rate and the function of electrical power intersect.

Based on this, according to the rule of similarity and dimension analysis, a dimensionless complex has been developed that shows the value of the heat release power to the corresponding value of the given electric power. The essence of the method is to determine the difference in the heat release power of the incandescent filament of the installation without introducing it into the flame and when introducing this filament into the combustion center. The resulting difference in power is the value of the power of heat release from a given fire source.

Based on the foregoing prerequisites, an installation has been developed and patented for determining the power of heat release from the combustion zone, obtained from the value of the electrical power of the filament in the flame. The installation allows not only to determine the numerical value of the heat release power, but also to obtain the numerical value of the heat

absorption power of the fire extinguishing agent. Theoretical prerequisites for which are also given in the article.

Keywords: fire extinguishing, primary means, heat absorption power, electrical power, methods and equipment, tests

Введение

В настоящее время эффективность огнетушителей оценивается по величине огнетушащей способности на модельных очагах пожара, а требования по оснащению огнетушителями помещений осуществляется по величине массы заряда этих огнетушителей. Но масса заряда огнетушителей и его огнетушащая способность в большинстве случаев не коррелируются, поэтому необходимо ввести новый показатель, который будет отражать физико-химическую сущность процесса тушения.

Основная часть

Определение мощности тепловыделения из очага пожара

В зарубежной литературе процесс горения на начальной стадии характеризуется временем достижения мощности пожара величины 1 мегаватт (МДж/с). В отечественной литературе больше оперируют величиной – теплота сгорания (Дж/кг), что является не совсем верным, так как при горении важно понимать не количество теплоты, выделяющейся при сгорании единицы массы горючего вещества, а именно скорость тепловыделения. Ведь именно баланс скоростей тепловыделения и теплоотвода лежит в основе тепловой теории горения [1, 2].

Из этой теории следует, что горение горючей смеси возникает при условии, что будут равны скорость тепловыделения из смеси (в результате реакции окисления) и скорость теплоотвода из зоны окисления, а также будут равны их первые производные по температуре:

$$\begin{cases} q_+ = q_- \\ \frac{dq_+}{dT} = \frac{dq_-}{dT} \end{cases} \quad (1)$$

Графически это изображено на рис. 1.

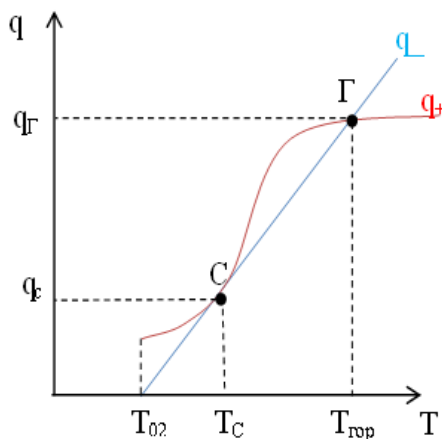


Рис. 1. Баланс скорости тепловыделения и теплоотвода при горении

Условие 1 выполняется в точке «С» (при мощности тепловыделения, равной мощности теплоотвода q_c), далее система самостоятельно саморазогревается до температуры $T_{гор}$ (система переходит в стационарное состояние – устойчивое горение).

При этом мощность тепловыделения равна $q_г$, и, пока в системе не изменятся условия, она будет находиться в динамическом равновесии с окружающей средой.

Если система охладится ниже температуры горения ($T_{гор}$), то мгновенно нагреется до этой температуры, потому что на температурном промежутке от температуры самовоспламенения (T_c) до температуры горения ($T_{гор}$) скорость (мощность) тепловыделения больше скорости (мощности) теплоотвода. Разогреться выше температуры горения система тоже (при заданных условиях) не способна, так как при температурах выше $T_{гор}$, скорость (мощность) теплоотвода (q_-) всегда больше скорости (мощности) тепловыделения (q_+).

$$q_+ = Q_n \cdot V \cdot A \cdot C_{гор}^\alpha \cdot C_{ок}^\beta \cdot e^{\frac{-E_{ак}}{R \cdot T_{пл}}}, \quad (2)$$

где Q_n – теплота сгорания горючего, кДж/моль; V – объем смеси горючего и окислителя, м³; A – частота соударений молекул; $C_{гор}$, $C_{ок}$ – концентрации горючего и окислителя, моль/м³; α , β – частные порядки реакции по горючему и окислителю; $E_{ак}$ – энергия активации реакции горения, кДж/моль; R – универсальная газовая постоянная, кДж/(моль·К); $T_{пл}$ – температура пламени, К.

$$q_- = \varepsilon \cdot \sigma \cdot S_1 \cdot (T_{пл}^4 - T_0^4) + \alpha_k \cdot S_2 \cdot (T_{пл} - T_0), \quad (3)$$

где S_1 , S_2 – соответственно площадь поверхности излучения зоны горения и площадь конвективного теплообмена; T_0 – температура окружающей среды, К; ε – степень черноты; σ – постоянная Стефана-Больцмана, Вт·м⁻²·К⁻⁴; α_k – коэффициент теплопередачи, кДж/(с·м²·К).

Изменить состояние системы возможно только изменив положение функций q_+ и q_- на графике (рис. 1) за счет либо увеличения скорости теплоотвода и/или уменьшения скорости тепловыделения.

Определение фактического значения мощности тепловыделения ($q_г$) при горении на данный момент не осуществляется. Автором предложен способ определения мощности тепловыделения ($q_г$) при горении.

В соответствии с законом Джоуля-Ленца мощность тепловыделения на участке цепи пропорциональна силе тока и напряжению. Причем при повышении температуры проводника электрическое сопротивление возрастает, следовательно, мощность тепловыделения от нити изменяется. Выразив электрическую мощность через температурный коэффициент сопротивления материала при постоянном напряжении, получим:

$$q_{эл} = \frac{U}{\rho_0 \cdot (1 + T \cdot \alpha)} = \frac{I^2 \cdot \rho_0 \cdot l}{S_{сеч}},$$

где U – напряжение, В; I – сила тока, А; l – длина нити накаливания, м; $S_{сеч}$ – площадь поперечного сечения нити накаливания, м²; ρ_0 – удельное электрическое сопротивление, Ом; T – температура нити, К; α – коэффициент сопротивления нити, К⁻¹.

Причем температура нити накаливания также ограничивается скоростью теплоотвода (q_-), что графически изображено на рис. 2.

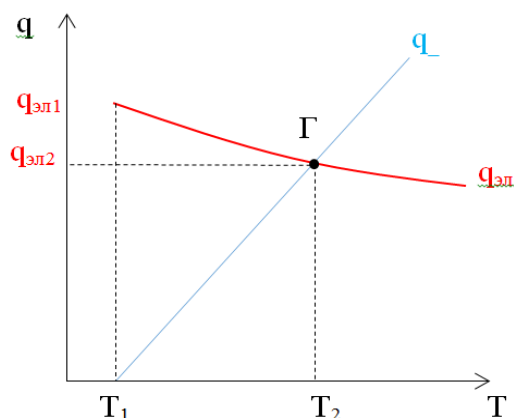


Рис. 2. Баланс электрической мощности и мощности теплоотвода

В точке Г на рис. 1 функция q_+ пересекается с функцией q_- аналогично, как на рис. 2 в точке Г пересекаются функции $q_{эл}$ и функция q_- .

Так как и при горении, и при нагревании нити накаливания повышение температуры ограничивается мощностью теплоотвода в окружающую среду. Повышая температуру окружающей среды, мощность теплоотвода уменьшается (прямая теплоотвода смещается вправо на рис. 1 и 2), следовательно, система сможет разогреться сильнее.

Следовательно, в точке Г при постоянной функции q_- функции $q_{эл}$ и q_+ равны. Значит, возможно применить анализ размерности и подобия.

Аналитическая модель сформирована из единичных показателей, входящих в формулы (1–3), объединенных (на основе метода анализа размерностей [3, 4]).

Таблица 1. Величины, входящие в безразмерные комплексы

| № п/п | Наименование единицы измерения | Обозначение единицы измерения | Размерность |
|---|---|--|--|
| Мощность тепловыделения при горении q | | | |
| 1 | Низшая теплота сгорания пожарной нагрузки | Q | Дж/моль= (кг·м ² /с ²)/моль= кг·м ² /моль·с ² |
| 2 | Объем смеси горючего и окислителя | V | м ³ |
| 3 | Концентрации горючего в степени α , окислителя в степени β | $C_{гор}^\alpha \cdot C_{ок}^\beta$ | моль/м ³ |
| 4 | Константа скорости реакции | $K = A \cdot e^{\frac{-E_{ак}}{R \cdot T_{нл}}}$ | 1/с |
| Электрическая мощность $q_{эл}$ | | | |
| 5 | Сила тока | I | А |
| 6 | Длина нити накаливания | l | м |
| 7 | Площадь поперечного сечения нити накаливания | $S_{сеч}$ | м ² |
| 8 | Удельное электрическое сопротивление | ρ_0 | Ом м=(кг·м ²)·м/(А ² ·с ³) |

Как видно из табл. 1, можно выделить 8 величин (n).

Из них 5 величин являются определяющими ($[C_{ок} C_{гор}] = \text{моль/м}^3$, $[S_{сеч}] = \text{м}^2$, $[Q_H] = \text{кг} \cdot \text{м}^2 / \text{моль} \cdot \text{с}^2$, $[\rho_0] = (\text{кг} \cdot \text{м}^2) \cdot \text{м} / (\text{А}^2 \cdot \text{с}^3)$, $[V] = \text{м}^3$); 2 – зависимыми ($[I] = \text{А}$, $[l] = \text{м}$).

Всего размерностей (k)=5 (кг, с, м, моль, А).

Всего безразмерных комплексов $n-k=3$ комплекса (табл. 2).

Таблица 2. Физический смысл безразмерных комплексов

| № п/п | Первичные комплексы | Соотношения размерностей преобразованных комплексов | Физическая сущность показателя |
|-------|--|---|---------------------------------------|
| 1 | $\pi_1 = \frac{I^2 \cdot \rho_0}{K \cdot Q \cdot l^4 \cdot C_{гор}^\alpha \cdot C_{ок}^\beta}$ | $[\pi_1] = \frac{\text{Дж/с} / \text{с}}{\text{Дж/с} / \text{с}} = 1$ | Относительная мощность тепловыделения |
| 2 | $\pi_2 = \frac{S}{V^{2/3}}$ | $[\pi_2] = \frac{M^2}{M^2} = 1$ | Приведенное сечение нити накаливания |
| 3 | $\pi_3 = \frac{V}{l \cdot S}$ | $[\pi_3] = \frac{M^3}{M^3} = 1$ | Удельный объем смеси |

Обобщенные комплексы

Исходя из выбранных величин, путем физического анализа образован обобщенный комплекс:

$$\pi_{\text{комплексный}} = \frac{\pi_1 \cdot \pi_2}{\pi_3} .$$

После преобразования формула имеет вид:

$$\pi_{\text{комплексный}} = \frac{\frac{I^2 \cdot \rho_0}{K \cdot Q \cdot l^4 \cdot C_{гор}^\alpha \cdot C_{ок}^\beta} \cdot \frac{S}{V^{2/3}}}{\frac{V}{l \cdot S}} = \frac{I^2 \cdot \rho_0 \cdot S^2}{K \cdot Q \cdot l^3 \cdot C_{гор}^\alpha \cdot C_{ок}^\beta \cdot V^{5/3}} .$$

Физическая сущность комплекса $\pi_{\text{комплексный}}$ заключена в том, что он показывает, какая мощность тепловыделения соответствует заданной электрической мощности.

Сущность метода заключается в определении разности мощности тепловыделения нити накаливания установки без внесения в пламя и при внесении этой нити в очаг горения. Полученная разность мощностей и есть значение мощности тепловыделения из заданного очага пожара.

$$q_{Г} = U(I_2 - I_1),$$

где I_1 – сила тока, проходящего по нити накаливания в стационарном режиме без внесения в пламя, при температуре нити накаливания T_1, A ; I_2 – сила тока, проходящего по нити накаливания, внесенной в пламя в стационарном режиме, при температуре нити накаливания T_2, A ; $q_{Г}$ – мощность тепловыделения при устойчивом горении (рис. 2), Вт (Дж/с).

Установка для определения мощности тепловыделения

Предлагаемая концепция будет справедлива только при условии, что подавляющая площадь пламени (до 90 %) будет соприкасаться с нитью накаливания и вся нить накаливания должна находиться в пламени. Для этого необходимо, чтобы пламя было ламинарным и площадь пламени была ограничена с одной стороны. Горелка необходимой конструкции представлена на рис. 3.

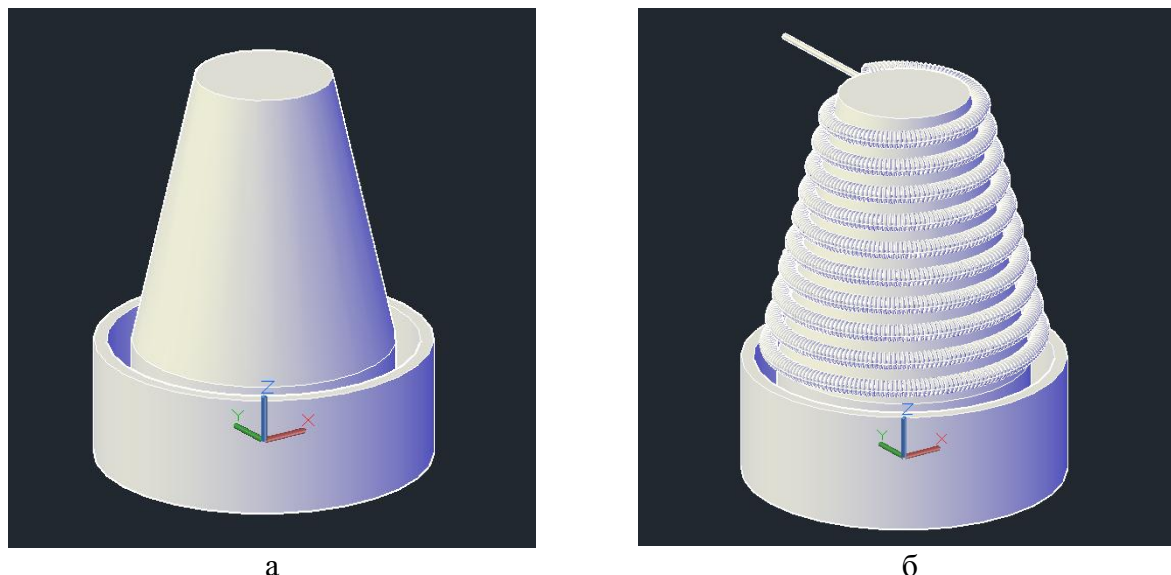


Рис. 3. Горелка для модельного очага: а – без нити накаливания; б – с нитью накаливания

Горючая жидкость заливается в емкость с песком, и горение происходит только по небольшой площади, ограниченной с одной стороны стенками емкости, с другой – фарфоровым колпаком.

На данный способ и установку получен патент на изобретение № RU 2727271. Схема установки приведена на рис. 4.

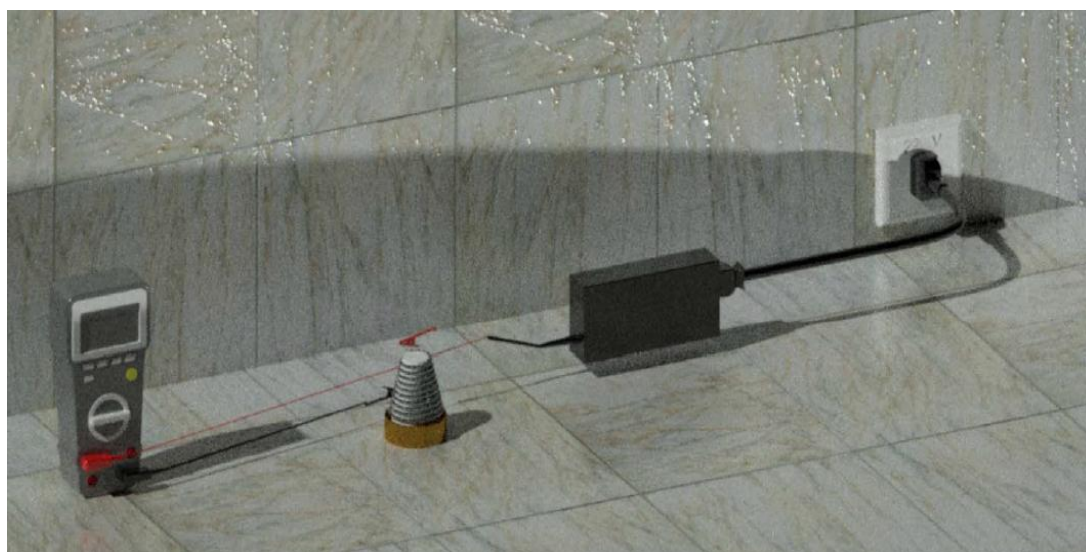


Рис. 4. Установка для определения мощности тепловыделения из очага горения

В металлическую емкость с песком (для предотвращения вскипания жидкости при испытании), в которую заливают исследуемую жидкость, керамический колпак устанавливается таким образом, чтобы все кольца нити накаливания, накрученной на этот колпак, находились в пламени и не касались друг друга. Витки нити разьединены керамическими перемычками и прикреплены к колпаку.

Напряжение на нить накаливания подается с помощью источника постоянного напряжения. Изменение силы тока в цепи определяется по амперметру.

Определяется площадь зеркала жидкости и исходная температура.

Подбирается требуемая длина нити накаливания, такая чтобы при горении вся площадь поверхности пламени была в соприкосновении с нитью накаливания.

На первом этапе испытания на калиброванной установке определяется сила тока, проходящего через нить при максимальном ее нагреве (данные с компьютера выводятся в табличном виде в зависимости от времени) без воспламенения исследуемой жидкости электрическая мощность в каждый временной промежуток определяется по закону Джоуля-Ленца.

На втором этапе жидкость поджигается, и вся нить накаливания находится в пламени, а каждый участок пламени касается нити накаливания (с учетом погрешности 5 % площади поверхности нити), при этом температура нити накаливания поднимается до значения температуры в пламени, поэтому сопротивление нити накаливания поднимается, следовательно, сила тока на этом участке цепи снижается. Электрическая мощность в каждый временной промежуток определяется по закону Джоуля-Ленца.

По полученным данным определяются значения разности мощности тепловыделения на каждом промежутке времени. Максимальное значение разности мощности тепловыделения и будет соответствовать мощности тепловыделения из заданного очага горения.

Теоретические предпосылки об оценке эффективности огнетушителей по мощности теплопоглощения

Как было сказано выше, изменить состояние системы в точке Г, изображенное на рис. 1, возможно только изменив положение графиков функций скорости теплоотвода и скорости тепловыделения друг относительно друга.

В соответствии с тепловой теорией прекращения горения, необходимо изменить положение системы из точки Г в точку П (изображенные на графике рис. 5). Добиться этого можно двумя способами: либо смещением функции скорости теплоотвода влево, либо смещением функции скорости тепловыделения вправо. При смещении этих функций система переходит из точки Г в точку П, откуда самостоятельно, как видно на рис. 5 б, переходит в точку А, где горение прекращается.

Функциональные зависимости скорости тепловыделения и скорости теплоотвода приведены в формулах (2) и (3) соответственно.

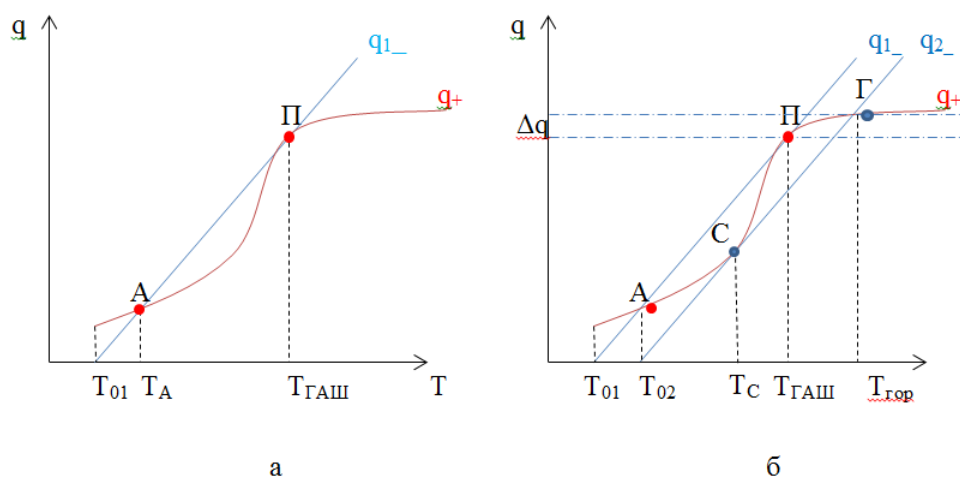


Рис. 5. Баланс скорости тепловыделения и теплоотвода при горении:
а – при тушении; б – совмещенный график

Управляемыми параметрами в выражениях (2, 3) являются:

1. Энергия активации ($E_{ак}$).
2. Концентрации горючего вещества ($C_{гор}$).

3. Концентрация окислителя ($C_{ок}$).
4. Температура окружающей среды (T_0).
5. Степень черноты (ϵ).
6. Постоянная Стефана-Больцмана (σ).
7. Коэффициент теплопередачи (α_k).

Изменить эти параметры возможно, внося в объем горючей смеси (пламени) огнетушащие вещества. Причем изменение параметров 1–3 влияет на скорость тепловыделения, а параметров 4–7 – на скорость теплоотвода.

Из анализа выражений определены основные механизмы прекращения горения:

1. Охлаждение.
2. Изоляция.
3. Ингибирование.
4. Разбавление.

Следовательно, оценивать эффективность огнетушителей и их классифицировать необходимо именно по мощности теплопоглощения (Δq), которая фактически равна разности тепловыделения и теплоотвода, изображенная на рис. 5б. Подтверждение того, что существующая классификация огнетушителей (по массе заряда) не является объективной, подробно рассмотрено в статьях авторов [5, 6].

Но определить фактически численное значение мощности теплопоглощения огнетушащим веществом (ОТВ) на данный момент не считается возможным, так как ОТВ действуют одновременно по нескольким механизмам прекращения горения. Например, огнетушащие порошковые составы (ОПС) действуют не только по механизму гетерогенного ингибирования и охлаждения, но и (для твердых веществ) по механизму изоляции горячей поверхности горючего вещества от окислителя [7–10].

Как видно из рис. 5 б, при воздействии огнетушащих порошков, механизм огнетушащего действия которых связан с гетерогенным ингибированием, разбавлением и охлаждением зоны горения (причем это происходит одновременно) – графически, и прямая теплоотвода смещается влево и кривая тепловыделения смещается вправо, то есть увеличивается численное значение разности теплового баланса мощностей (скоростей) Δq . Следовательно, мощность теплопоглощения ОПС и будет соответствовать численному значению Δq на графике.

Автором предложена методика и установка, позволяющая определить численное значение мощности теплопоглощения ОТВ. Под величиной теплопоглощения понимается не только увеличение скорости теплоотвода из системы за счет охлаждения, но и снижение скорости тепловыделения из зоны реакции, за счет гетерогенного ингибирования и разбавления.

На установке, приведенной на рис. 4, возможно определить не только мощность тепловыделения из зоны реакции (горения), но и численное значение мощности теплопоглощения ОТВ (Δq). Для этого в емкость на нить накаливания необходимо подать ОТВ, при этом температура в зоне горения снизится за счет снижения и скорости тепловыделения из зоны реакции и увеличения скорости теплоотвода. Следовательно, нить накаливания охладится, и ее электрическое сопротивление – уменьшится, а сила тока, проходящая по нити накаливания, увеличится. Зная численное значение напряжения, подаваемого на участок цепи, и величину разности силы тока до начала процесса тушения и после, возможно определить мощность теплопоглощения заданной массой ОТВ.

Качественно необходимо определить, при какой мощности теплопоглощения произойдет тушение заданного модельного очага пожара.

Заключение

По данной методике можно классифицировать все существующие (даже водяные, при условии, что вода будет дистиллированная) и проектируемые огнетушители по мощности

теплопоглощения единицей массы огнетушащего порошка и/или заданного типоразмера огнетушителя.

Литература

1. Соколик А.С. Самовоспламенение и сгорание в газах // Успехи физических наук. 1940. Т. XXIII. Вып. 3.
2. Розловский А.И. Научные основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами и парами. М.: Химия, 1972.
3. Бриджмен П. Анализ размерностей. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.
4. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. М.: Наука, 1967.
5. Кожевин Д.Ф., Поляков А.С., Сытдыков М.Р. О практике параметризации переносных порошковых огнетушителей // Пожаровзрывобезопасность. 2014. № 1. С. 62–68.
6. Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. Единый показатель огнетушащей способности переносных порошковых огнетушителей // Пожаровзрывобезопасность. 2014. № 7. С. 74–80.
7. Анцупов Е.В. Оценка вклада в ингибирование пламени гомогенного и гетерогенного механизма // Горение и плазмохимия. 2012. Т. 10. № 4. С. 262–267.
8. Evidence for flame extinguishment by thermal mechanisms / Ewing C.T., Faith F.R., Hughes J.T. [et al.] // Fire Technol 25(3):195–212. 1989. URL: <https://doi.org/10.1007/bf01039778> (дата обращения: 14.08.2021).
9. Krasnyansky M. Studies of fundamental physical–chemical mechanisms and processes of flame extinguishing by powder aerosols // Fire and Materials. 2008. V. 32. Issue 1. January/February. Pp. 27–47.
10. Абдурегимов И.М. О механизмах огнетушащего действия средств пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. 2012. № 4. С. 60–82.

УДК 614.846:614.847

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЖАРНЫХ АВТОЛЕСТНИЦ И АВТОПОДЪЕМНИКОВ В КАЧЕСТВЕ ГРУЗОВОГО АВТОКРАНА

А.И. Преснов, кандидат технических наук, доцент;
М.А. Марченко, кандидат технических наук, доцент;
А.А. Печурин, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приводятся требования нормативных документов при использовании высотных спасательных автомобилей и подъемных сооружений в качестве грузового автокрана. Рассмотрены особенности эксплуатации пожарных автолестниц и автоподъемников в режиме грузового автокрана, отражены проблемные вопросы, связанные с установкой автомобиля, подъемом и перемещением груза. На основании Правил безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения, предложены рекомендации по безопасной работе.

Ключевые слова: высотно-спасательный автомобиль, автолестница, автоподъемник, автокран, грузоподъемность, правила, безопасность

FEATURES OF USING FIRE TRUCK LADDERS AND CAR LIFTS AS A CRANE

A.I. Presnov; M.A. Marchenko; A.A. Pechurin.

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

The requirements of regulatory documents for the use of high-altitude rescue vehicles and lifting structures as a crane are given. The features of the operation of fire auto ladders and car lifts in the crane mode are considered, problematic issues related to the installation of the car, lifting and moving cargo are reflected. On the basis of the Safety Rules for hazardous production facilities where lifting structures are used, recommendations for safe operation are proposed.

Keywords: high-altitude rescue vehicle, auto ladder, car lift, crane, capacity, regulations, safety

Пожарные высотно-спасательные автомобили (ВСА) кроме основного назначения – проведение аварийно-спасательных операций с высотных уровней [1, 2] – могут работать в качестве грузового автокрана при перемещении грузов.

В соответствии с ГОСТ Р 52284–2004 и ГОСТ Р 53329–2009 одним из требований к устройствам пожарных автолестниц и автоподъемников (АЛ и АПК) является применение их в качестве грузового автокрана. Грузоподъемность при работе в качестве грузового автокрана в зависимости от конструктивного исполнения АЛ или типоразмеров АПК составляет от 500 до 2 000 кг. При этом необходимо отметить, что перемещение грузов – второстепенная функция ВСА, которую, во избежание возможных повреждений систем и механизмов АЛ (АПК), целесообразно использовать только в самых крайних (экстренных) случаях [3].

Пожарные автолестницы и автоподъемники не предназначены для использования при строительных и монтажных работах (ГОСТ Р 52284–2004 и ГОСТ Р 53329–2009).

Правила по охране труда в подразделениях пожарной охраны (приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11 декабря 2020 г. № 881н) указывают, что при использовании автолестницы (автоподъемника) в качестве грузового автокрана колена (стрелы) должны быть сложены. Максимальная величина груза вместе с массой тали не должна превышать величины, допускаемой заводом-изготовителем. Применяемые при работе стропы должны быть испытаны и иметь соответствующую маркировку.

Перемещение грузов является достаточно сложным и опасным процессом с комплексом правил, которые утверждает приказ Ростехнадзора от 26 ноября 2020 г. № 461 «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» (приказ Ростехнадзора № 461). Данные нормативные документы разработаны в соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», который предъявляет высокие требования по обеспечению безопасности выполняемых работ.

Нарушение требований безопасности приводит к серьезным последствиям. Так, аварийные ситуации с автомобильными кранами возникают по причине неправильной (неустойчивой) установки на участке производства работ, перегрузки автомобильного крана, неисправности или отказов механизмов и приборов безопасности, разрушений деталей и металлоконструкций, неумелых действий персонала.

На фото (рис. 1) представлены результаты аварийного падения 25-тонного автокрана на шасси КамАЗ-65115 «Галичанин» КС-55713-1 в г. Кувандык, Оренбургской области, 2016 г. Причины аварии и несчастного случая (машинист крана при этом был смертельно травмирован) заключались в неправильной установке автокрана на опоры (работы производились без включения ограничителя грузоподъемности при работе на не полностью выдвинутых опорах) и неправильным соединением поднимаемой конструкции с крюком автокрана (строповка), строповка груза производилась рабочими, не допущенными к работам в качестве стропальщиков.

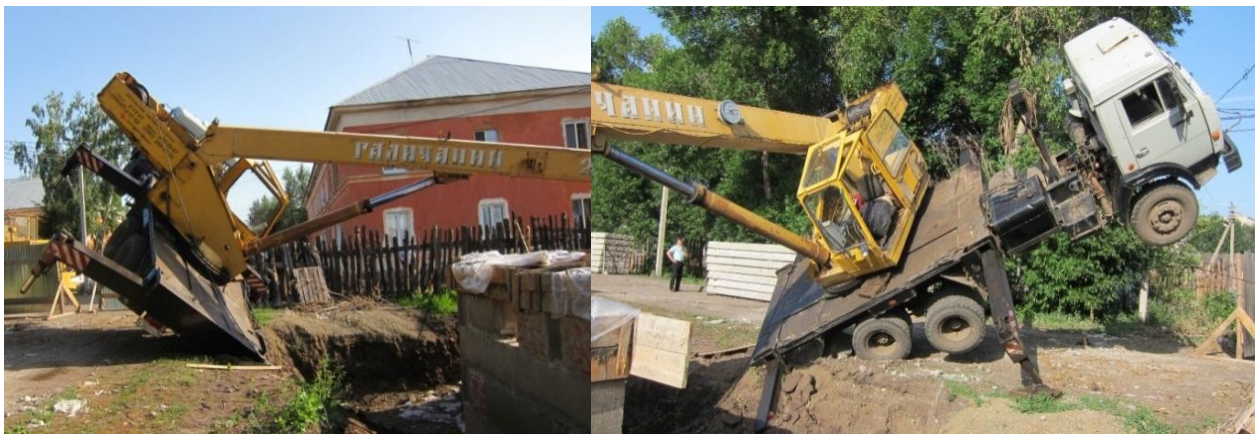


Рис. 1. Падение 25-тонного автокрана КС-55713-1 «Галичанин» на строительной площадке (г. Кувандык, Оренбургской области)

В соответствии с Правилами безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения, перемещением грузов с использованием подъемных сооружений должен управлять квалифицированный (обученный) персонал: машинист подъемника, крановщик, стропальщик и др. В случае с ВСА: водитель-оператор может выполнять функцию машиниста подъемника, а оператор (пожарный) – функцию стропальщика.

Перемещение грузов с использованием ВСА в качестве автокрана включает следующие операции:

- установка АЛ (АПК) в рабочее положение на полностью выдвинутые выносные опоры;
- подбор съемных грузозахватных приспособлений;
- осмотр и строповка груза, а при необходимости и закрепление оттяжек (для длинномерных грузов);
- подача сигналов водителю-оператору;
- подъем и перемещение груза с использованием стрелы ВСА;
- освобождение груза от такелажных средств (расстроповка груза).

При этом способы строповки грузов должны исключать возможность падения или скольжения застропованного груза, а работать стрелой как краном возможно только по сигналу стропальщика.

В настоящее время при профессиональной переподготовке и повышении квалификации водителей для работы на специальных агрегатах АЛ и АПК данному вопросу уделяется недостаточное внимание.

Так, в программах образовательных учреждений МЧС России данная тема рассматривается в совокупности с другими темами, а обучение такой категории, как оператор (пожарный) в настоящее время не производится. В руководствах по эксплуатации ВСА явно недостаточно информации о правилах и мерах безопасности при использовании АЛ и АПК в качестве грузового автокрана. Руководства по эксплуатации АЛ и АПК разрешают производить подъем и поворот стрелы с разрешенным по массе грузом при нахождении комплекта стрел в сложенном положении на малых скоростях с соблюдением повышенной осторожности, а также поднимать груз с помощью тали соответствующей грузоподъемности, установленной на вершине сложенной (собранной) стрелы. Следует отметить, что подъем груза с помощью тали создает меньшие динамические нагрузки на конструктивные элементы и гидросистему АЛ (АПК). В разделе мер безопасности руководств по эксплуатации АЛ и АПК, как правило, отображается запрет на подъем груза с оттяжкой в сторону и подъем груза примерзшего, заваленного другими предметами и т.п.

Как отмечалось в работах [4, 5], для соблюдения безопасности, в том числе и при перемещении груза с использованием ВСА, кроме руководства по эксплуатации АЛ (АПК) следует руководствоваться и Правилами безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения.

Так, установка автомобиля на грунт должна производиться на подготовленной площадке с учетом категории и характера грунта. Не разрешается устанавливать на свеженасыпанный и неутрамбованный грунт. ВСА должен быть установлен с соблюдением расстояния от обрыва (канавы) до опоры, указанного в приложении 1 к Приказу Ростехнадзора № 461 (табл. 1) Также при установке автомобиля и в дальнейшем во время работы ВСА должны учитываться расстояния от стрелы до проводов линий электропередачи, находящихся под напряжением (табл. 2).

Грузовые канаты (стропы), используемые для подъема груза, должны иметь соответствующую маркировку и сертификат предприятия-изготовителя, для оценки безопасности использования канатов необходимо применять следующие критерии (Приказ Ростехнадзора № 461):

- характер и число обрывов проволок;
- разрыв пряди;
- поверхностный и внутренний износ;
- поверхностная и внутренняя коррозия;
- местное уменьшение диаметра каната;
- уменьшение площади поперечного сечения проволок каната;
- деформация в виде волнистости, корзинообразности, выдавливания проволок и прядей, раздавливания прядей, заломов, перегибов;
- повреждения в результате температурного воздействия или электрического дугового разряда.

**Таблица 1. Приложение 1 к приказу Ростехнадзора № 461
«Минимальное расстояние (в метрах) от основания откоса котлована (канавы) до оси ближайших опор крана при ненасыпном грунте»**

| Глубина котлована (канавы), м | Грунт: | | | | |
|-------------------------------|----------------------|------------|-------------|----------------|-----------|
| | песчаный и гравийный | супесчаный | суглинистый | лессовый сухой | глинистый |
| 1 | 1,5 | 1,25 | 1,00 | 1,0 | 1,00 |
| 2 | 3,0 | 2,40 | 2,00 | 2,0 | 1,50 |
| 3 | 4,0 | 3,60 | 3,25 | 2,5 | 1,75 |
| 4 | 5,0 | 4,40 | 4,00 | 3,0 | 3,00 |
| 5 | 6,0 | 5,30 | 4,75 | 3,5 | 3,50 |

**Таблица 2. Приложение 1 к приказу Ростехнадзора № 461
«Минимальное расстояние от стрелы ПС* во время работы до проводов линии электропередачи, находящихся под напряжением»**

| Напряжение воздушной линии, кВ | Наименьшее расстояние, м |
|--------------------------------|--------------------------|
| До 1 | 1,5 |
| Свыше 1 до 35 | 2,0 |
| Напряжение воздушной линии, кВ | Наименьшее расстояние, м |
| Свыше 35 до 110 | 3,0 |
| Свыше 110 до 220 | 4,0 |

| Напряжение воздушной линии, кВ | Наименьшее расстояние, м |
|--------------------------------|--------------------------|
| Свыше 220 до 400 | 5,0 |
| Свыше 400 до 750 | 9,0 |
| Свыше 750 до 1 150 | 10,0 |

* подъемные сооружения

На основании Правил безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения, можно предложить следующие рекомендации, которые следует отразить в руководствах по эксплуатации АЛ (АПК), или сделать ссылку на данные Правила (Приказ Ростехнадзора № 461):

– АЛ и АПК должны быть установлены таким образом, чтобы при подъеме груза исключалась необходимость его подтягивания и подволакивания (далее подтаскивания).

– запрещается поднимать груз механизмом телескопирования стрелы. Подъем груза должен начинаться с поднятия его на высоту не более 0,2 ... 0,3 м, с последующей остановкой для проверки правильности строповки и возможности самопроизвольного опускания;

– запрещается перемещать груз при нахождении под ним людей, а также поднимать груз, масса которого неизвестна. Горизонтальное перемещение груза должно осуществляться на 0,5 м выше встречающихся на пути предметов;

– перемещаемый груз должен опускаться только на предназначенное для этого место, где исключается возможность падения, опрокидывания или сползания опущенного груза. Для извлечения стропов из-под груза его опускание и складирование должны осуществляться на подкладки соответствующей прочности и толщины. Разворот груза руками допускается при условии, что груз поднят на высоту не более 1 м.

Не разрешается:

– подтаскивание груза по земле при наклонном положении грузовых канатов;

– отодвигание и отведение (далее оттягивание) груза во время его подъема, перемещения и опускания;

– выравнивания перемещаемого груза руками, а также изменение положения стропов на подвешенном грузе;

– работать при скорости ветра и температуре окружающей среды, значения которых превышают предельно допустимое;

– работать при плохой видимости (снегопад, дождь, туман) перемещаемого груза.

Производители АЛ и АПК в руководствах по эксплуатации указывают (в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52284–2004 и ГОСТ Р 53329–2009) (табл. 3, 4) конкретное значение их грузоподъемности в зависимости от исполнения (типоразмера) при использовании в качестве автокрана. Данное значение подразумевает работу ВСА в качестве автокрана во всем диапазоне угла подъема (наклона) стрелы в вертикальной плоскости.

Таблица 3. Выписка из табл. 2 ГОСТ Р 52284–2004. Основные параметры АЛ

| Наименование параметра | Значение параметра в зависимости от исполнения | | | | | | | | | |
|--|--|-----|---|-----|---|---|---|---------|---------|---------|
| | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2, 3, 4 | 2, 3, 4 | 2, 3, 4 |
| Грузоподъемность лестницы при использовании ее в качестве крана (лестница полностью сдвинута), т, не менее | 0,5 | 0,7 | 1 | 0,7 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Таблица 4. Выписка из табл. 1 ГОСТ Р 53329–2009. Основные параметры АПК

| Наименование параметра | Норма для типоразмеров АПК | | | | | | |
|--|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10–15 | 16–21 | 22–28 | 29–36 | 37–48 | 49–56 | 57–64 |
| Грузоподъемность при работе в качестве крана, кг, не менее | 500 | 750 | 1 000 | 2 000 | | | |

Известно, что воздействие нагрузки характеризуется величиной момента действующей силы, равной величине этой силы (нагрузки) на расстояние от ребра опрокидывания. С увеличением угла подъема уменьшается вылет стрелы и соответственно уменьшается значение опрокидывающего момента.

Расчетным путем можно определить значение допустимой нагрузки на вершине стрелы в зависимости от углов наклона стрелы при сохранении грузовой устойчивости ВСА (с учетом коэффициента грузовой устойчивости: не менее 1,4 при отсутствии дополнительных нагрузок и не менее 1,15 при их наличии (ГОСТ Р 52284–2004 и ГОСТ Р 53329–2009).

Для автокрана существует грузовая характеристика (зависимость грузоподъемности стрелового крана от вылета грузозахватного органа; грузовой момент – момент, соответствующий произведению грузоподъемности крана на вылет грузозахватного органа), определяющая грузоподъемность от вылета стрелы и зоны работы при выбранном размере опорного контура и неизменном конструктивном исполнении крана. На рис. 2 представлена грузовая характеристика автокрана КС-55713 «Клинцы» на шасси КамАЗ-43118. Его основные характеристики: высота подъема 9,8–21,6 м, вылет стрелы 21 м; грузоподъемность 25 т.

Руководства по эксплуатации пожарных автолестниц Iveco Magirus (Германия) предлагает более широкий диапазон нагрузок при использовании АЛ в автокрановом режиме (рис. 3).

При этом необходимо отметить, что в 80-е гг. при изготовлении АЛ-30(131)ПМ-506 производитель (ОАО «Пожтехника») указывал в соответствующем разделе руководства по эксплуатации и шкале угла наклона на пакете колен АЛ допустимые нагрузки на вершине стрелы при работе автолестницы в качестве автокрана для различных диапазонов угла наклона стрелы в вертикальной плоскости. Так в диапазоне угла наклона до 30° допустимая нагрузка составляет – 500 кг; 30° ... 55° – 750 кг; 55° ... 75° – 1 000 кг.

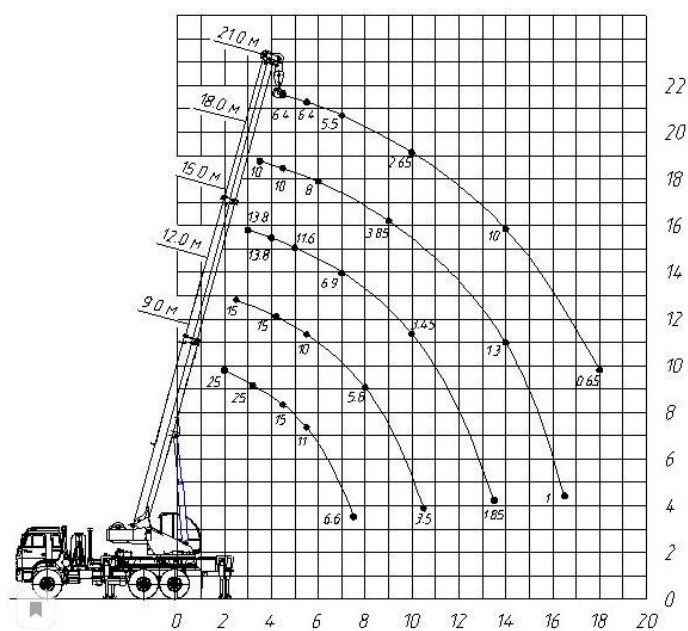


Рис. 2. Грузовая характеристика автокрана КС-55713 «Клинцы»

Для повышения безопасности при работе ВСА в качестве автокрана целесообразно предусмотреть в качестве дополнительного оснащения блокировку выдвигания колен АЛ (телескопирования стрелы) во время работы АЛ или АПК в крановом режиме [6, 7]. Такую блокировку можно применить по примеру автолестниц Iveco Magirus за счет установки бесконтактного (индуктивного) датчика, контролирующего рабочее и транспортное положение проушины для подвешивания груза.

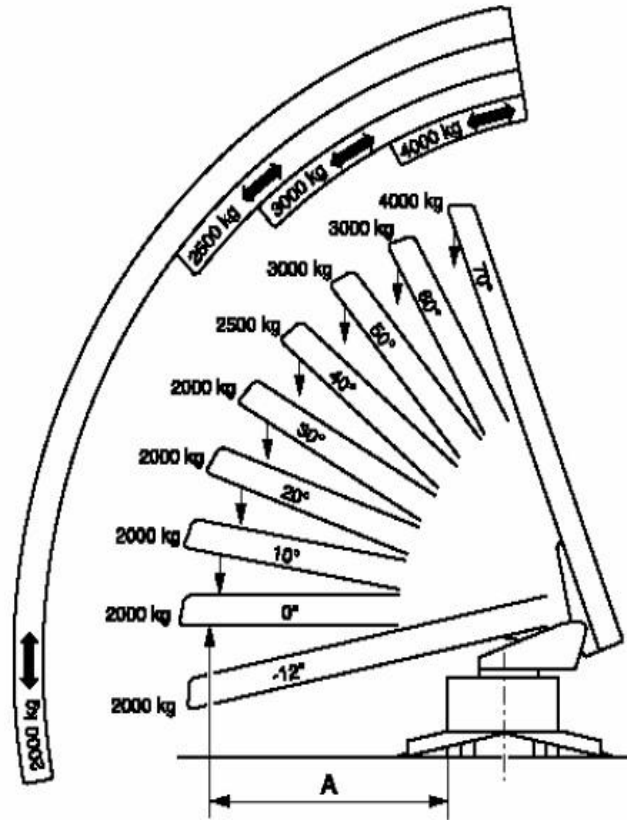


Рис. 3. Максимально допустимый груз в зависимости от угла подъема автолестниц IVECO MAGIRUS: DL 23-12 Vario CS и DL 23-12 п. В. Vario CS, DL 37 Vario CS [9]

Таблица 5. Допустимый вылет стрелы и угол подъема в зависимости от массы груза автолестниц IVECO MAGIRUS: DL 23-12 Vario CS и DL 23-12 п. В. Vario CS, DL 37 Vario CS [9]

| Угол подъема | Максимально-допустимый груз (кг) | Вылет А (м) |
|--------------|----------------------------------|-------------|
| -12 | 2000 | 4,7 |
| 0 | 2000 | 4,8 |
| 10 | 2000 | 4,7 |
| 20 | 2000 | 4,3 |
| 30 | 2000 | 3,7 |
| 40 | 2500 | 2,9 |
| 50 | 3000 | 2,0 |
| 60 | 3000 | 0,8 |
| 70 | 4000 | -0,4 |

Выводы

Не смотря на то, что работа ВСА в режиме автокрана – функция вспомогательная, данный вид работы требует соблюдения отдельных мер безопасности, изложенных в Правилах безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения (приказ Ростехнадзора № 461).

Производителям, в целях обеспечения безопасности и повышения эффективности использования, следует рассмотреть предложенные рекомендации по использованию ВСА в качестве автокрана и отобразить соответствующую информацию в технической документации (руководстве по эксплуатации) АЛ и АПК.

Литература

1. Преснов А.И., Печурин А.А., Данилевич А.В. Высотно-спасательные автомобили: состояние, проблемные вопросы, технические решения // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 4 (56). С. 128–136.
2. Преснов А.И., Марченко М.А., Мороз Н.А. Пожарные автолестницы: учеб. пособие. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2017.
3. Преснов А.И., Крутолапов А.С., Касаев Р.А. Учебное пособие для подготовки водителей-операторов и операторов пожарных автоподъемников. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2019.
4. Рассохин М.А., Юркин А.В., Перевалов А.С. Проблемы обеспечения промышленной безопасности высотной аварийно-спасательной техники // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 370-й годовщине образования пожарной охраны России. Иваново, 2019. С. 478–482.
5. Рассохин М.А., Перевалов А.С., Юркин А.В. Особенности обеспечения промышленной безопасности высотной аварийно-спасательной техники, оборудованной современными системами безопасности, управления и контроля // Техносферная безопасность. 2021. № 1 (30). С. 79–84.
6. Автоподъемник коленчатый пожарный АКП-50(6540)ПМ-514Г. Руководство по эксплуатации ПМ-514Г.00.00.00 РЭ. Торжок: ОАО «Пожтехника», 2014.
7. Автолестница пожарная АЛ-50(65115)ПМ-513Б. Руководство по эксплуатации ПМ-513Б.00.00.00 РЭ. Торжок: ОАО «Пожтехника», 2014.

УДК 629.022

ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

**К.С. Иванов, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены методы определения и анализа статистических характеристик динамических нагрузок (максимальных значений, дисперсий, спектральных плотностей). Показана методика обоснования максимально-допустимых скоростей движения пожарных автомобилей по дорогам, базирующаяся на положениях теории выбросов случайных процессов за допустимый уровень.

Ключевые слова: динамическая нагрузка, дисперсия, амплитудно-частотные характеристики, спектральные плотности, перемещение

JUSTIFICATION OF THE MAXIMUM PERMISSIBLE SPEEDS OF FIRE AND RESCUE VEHICLES

K.S. Ivanov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Methods of determination and analysis of statistical characteristics of dynamic loads (maximum values, variances, spectral densities) are considered. The method of substantiation of the maximum permissible speeds of fire trucks on the roads, based on the provisions of the theory of emissions of random processes beyond the permissible level, is shown.

Keywords: dynamic load, dispersion, amplitude-frequency characteristics, spectral densities, displacement

Эксплуатация пожарно-спасательной техники в ходе следования к месту пожаров, аварий и других чрезвычайных ситуаций (ЧС) предполагает движение транспортных машин с максимально возможными скоростями. Исходя из дорожных условий в ходе движения, конструктивные элементы пожарных автомобилей испытывают неравномерность динамического нагружения, то есть подвергаются воздействию колебательных процессов [1]. Колебания элементов конструкций необходимо учитывать при расчетах надежности и долговечности для эффективной эксплуатации пожарно-спасательных автомобилей.

Главными причинами возникновения динамических нагрузок (изменения состояния равновесия) в узлах и агрегатах транспортных машин являются впадины и выступы на дорожном покрытии, а также изменения направления движения (опасные повороты). Значения динамических нагрузок всецело зависят от скорости движения, качества дорожного покрытия и количества вынужденных поворотов. «Пробой» в подвеске пожарно-спасательного автомобиля при проезде неровности на дороге, опрокидывание при сложном повороте и т.п. приводит к отказу в работе, и, как следствие, невыполнению задач по ликвидации пожара и других чрезвычайных ситуаций (ЧС). Для предотвращения подобных явлений конструкторам в процессе проектирования необходимо учитывать воздействие возникающих динамических нагрузок и предлагать технические решения для защиты или снижения колебательных процессов в элементах узлов и агрегатов пожарно-спасательных автомобилей.

При движении к месту тревожного вызова на элементы конструкций пожарно-спасательного автомобиля действуют значительные динамические нагрузки (модуль ускорения какого-либо элемента), которые могут превзойти допустимые значения $\ddot{x}_{\text{доп}}$. По этой причине необходимо скоростной режим движения пожарного автомобиля определять так, чтобы не допустить превышения динамических нагрузок опасных значений, а именно:

$$\ddot{x} \leq \ddot{x}_{\text{доп}} \quad (1)$$

Возникающие динамические нагрузки, действующие на узлы и другие конструктивные элементы пожарной техники при повышенном скоростном режиме, являются случайными процессами, и главными параметрами этих процессов являются дисперсии ускорений $d_{\ddot{x}}$, которые характеризуют отклонение значений динамических нагрузок от среднестатистических величин. Тогда выражение (1) может быть записано так:

$$d_{\ddot{x}} \leq d_{\ddot{x}_{\text{доп}}}, \quad (2)$$

где $d_{\ddot{x}_{\text{доп}}}$ – значения допустимой дисперсии ускорений.

В связи с тем, что возникающие колебания (линейные и угловые) пожарных автомобилей при движении по неровным дорогам характеризуются частотой, то следует учитывать спектральные плотности ускорений $S(v)_{\ddot{x}}$, которые определяют их частотный состав.

Пожарно-спасательные автомобили представляют собой сложные динамические системы, движения которых описываются нелинейными уравнениями [2]. Применяя статистическую линеаризацию, будем рассматривать линейную динамическую систему, спектральная плотность которой определится следующей зависимостью:

$$S(v)_{\ddot{x}} = W(v)_{\ddot{x}}^2 S(v)_q = v^4 W(v)_x^2 S(v)_q, \quad (3)$$

где $S(v)_{\ddot{x}}$ – спектральная плотность по ускорениям элемента динамической системы; $S(v)_q$ – спектральная плотность по перемещениям элемента динамической системы; $W(v)_x$ – амплитудно-частотные характеристики по перемещениям элемента динамической системы; $W(v)_{\ddot{x}}$ – амплитудно-частотные характеристики по ускорениям элемента динамической системы.

При этом дисперсия ускорений $d_{\ddot{x}}$ будет определена выражением:

$$d_{\ddot{x}} = \sigma_{\ddot{x}}^2 = \int_0^{\infty} S(v)_{\ddot{x}} d v. \quad (4)$$

Аналитическое решение задачи по определению спектральной плотности динамических нагрузок $S(v)_{\ddot{x}}$ и дисперсии ускорений $d_{\ddot{x}}$ возможно при известных выражениях для функций $S(v)_q$ и $W(v)_x$. Однако, изучая сложные технические динамические системы, желательно применить графоаналитический способ, основа которого представлена на рис. 1.

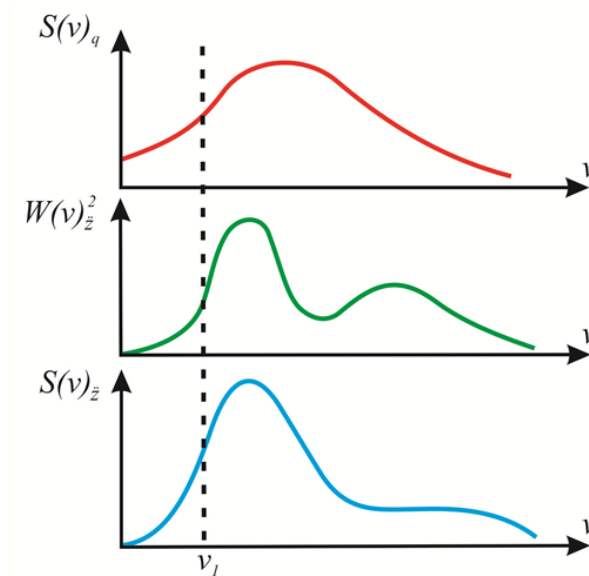


Рис. 1. Определение спектральной плотности динамических нагрузок элементов конструкций пожарно-спасательных автомобилей, подвергающихся вибрационным процессам

Диаграммы функций $S(v)_q$ и $W(v)_{\ddot{x}}^2$ являются начальными для решения задачи определения спектральной плотности $S(v)_{\ddot{x}}$. Выбирая произвольное значение частоты (на графике ν_1), определяются ординаты $S(\nu_1)_q$ и $W(\nu_1)_{\ddot{x}}^2$. В дальнейшем, перемножая значения ординат $S(\nu_1)_q$ и $W(\nu_1)_{\ddot{x}}^2$ в соответствии с зависимостью (3), определяем ординату

$S(\nu)_{\ddot{x}}$, которая является искомой спектральной плотностью. Для построения диаграммы необходимо задаться определенным количеством точек для различных частот, повторить указанную последовательность действий и по заданным точкам построить график.

Количественное значение дисперсии $d_{\ddot{x}}$ определяется в соответствии с зависимостью (4), то есть нужно найти площади под графиком $S(\nu)_{\ddot{x}}$.

Сделаем допущение, что отказы техники и оборудования в работе встречаются редко. В связи с таким допущением распределение случайных событий (отказы в работе) будем считать по закону Пуассона [3, 4]:

$$P_k = \frac{n_t^k}{k!} e^{-n_t},$$

где P_k – вероятность того, что на отрезке времени t рассматриваемые события (отказы в работе) произойдут k раз; n_t – среднее число событий на отрезке времени t ; t – время движения пожарно-спасательных автомобилей по дороге.

Будем полагать, что вероятность P_0 того, что за время t не произойдет ни одного отказа в работе ($k=0$), будет равна:

$$P_0 = e^{-n_t}. \quad (5)$$

Если величину n_t рассматривать как среднее число выбросов процесса $\ddot{x}(t)$ за допустимый уровень за промежуток времени T , то, исходя из теории выбросов случайных процессов, с учетом того, что $\ddot{x}(t)$ есть нормальный процесс, для определения n_t можно воспользоваться следующей зависимостью [3–6]:

$$n_t = \frac{t}{t_e} e^{\frac{-\ddot{x}^2}{2d_{\ddot{x}}}}, \quad (6)$$

где t_e – эффективный (средний) период процесса $\ddot{x}(t)$:

$$t_e = 2\pi \sqrt{\frac{d_{\ddot{x}}}{d_{\dot{x}}}},$$

где $d_{\ddot{x}}$ – дисперсия третьей производной процесса $\ddot{x}(t)$.

Подставив уравнение (6) в (5), получим:

$$P_0 = \exp\left(-\frac{t}{t_e} e^{\frac{-\ddot{x}^2}{2d_{\ddot{x}}}}\right). \quad (7)$$

Вероятность P_0 может рассматриваться как вероятность безотказной работы конструкции автомобиля при движении по дорогам, исходя из условия неперевышения действующими динамическими нагрузками с дисперсией $d_{\ddot{x}}$ допустимых пределов $\ddot{x}_{\text{доп}}$ в течение времени t .

При этом:

$$t = \frac{L}{V}, \quad (8)$$

где L – пробег автомобиля по дороге определенного типа.

Далее определяем дисперсии ускорений, разрешив уравнение (7), и получаем зависимость для определения величины $d_{\ddot{x}_{\text{доп}}}$, при которой с вероятностью P_0 гарантируется выполнение условия (1), то есть:

$$d_{\ddot{x}_{\text{доп}}} = \frac{\ddot{x}_{\text{доп}}^2}{2 \ln \left(\frac{t}{t e^{\ln \left(\frac{1}{P_0} \right)}} \right)}. \quad (9)$$

При этом P_0 рассматривается как доверительная вероятность, при которой соблюдается условие (1).

Как уже было сказано выше, движение пожарного автомобиля к месту вызова предполагает максимальные скорости, а они при неблагоприятных дорожных условиях вызывают большие динамические нагрузки на шасси, пожарно-техническое оборудование и личный состав боевого расчета. В целях безопасности необходимо определить значения максимально-возможных скоростей движения пожарно-спасательного автомобиля на основе обоснованной методики. Методику покажем, используя условие (2) и зависимость (9). На основе методов определения статистических характеристик динамических нагрузок, рассмотренных выше, необходимо определить величины дисперсий ускорений $d_{\ddot{x}_i}$ рассматриваемых конструктивных элементов пожарно-спасательного автомобиля при движении по i типу дороги с различными скоростями, то есть найти зависимость и построить график (рис. 2) $d_{\ddot{x}_i} = f(V_i)$.

Чтобы определить зависимость допустимой дисперсии $d_{\ddot{x}_{\text{доп}}}$ от скорости при движении пожарно-спасательных автомобилей по различным типам дороги, преобразуем уравнения (8), (9) и получим:

$$d_{\ddot{x}_{\text{доп}} i} = \frac{\ddot{x}_{\text{доп}}^2}{2 \ln \left(\frac{t}{V_i t e^{\ln \left(\frac{1}{P_0} \right)}} \right)}. \quad (10)$$

По полученному уравнению (10) строим график $d_{\ddot{x}_i} = f(V_i)$. Точка пересечения зависимостей $d_{\ddot{x}_i} = f(V_i)$ и $d_{\ddot{x}_{\text{доп}} i}$ будет соответствовать максимально допустимой скорости движения автомобиля $V_{\text{доп } i}$ по i -му типу дороги.

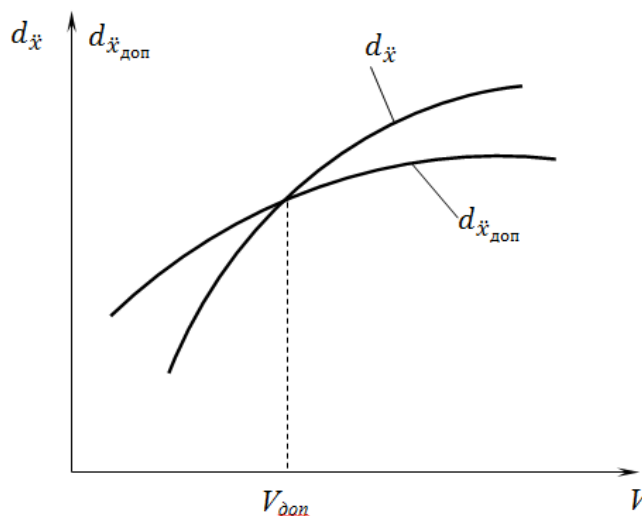


Рис. 2. График зависимости дисперсии динамических нагрузок от скорости движения пожарно-спасательных автомобилей

Зная предельно-допустимые скорости движения пожарно-спасательного автомобиля по различным типам дороги, имеется возможность определить средние значения скоростей перемещения какого-либо конструктивного или функционального элемента динамической системы, а именно:

$$V_{cp} = \frac{1}{\sum \frac{P_i V_{доп i}}{c_i}},$$

где P_i – коэффициенты распределения пробега вероятности движения автомобиля по различным дорогам; c_i – коэффициенты, зависящие от качества дорожного покрытия и возможных неровностей $c_i = 0,30-0,55$ [7–10].

Модернизация существующих и создание новых образцов пожарно-спасательной техники предполагает обеспечение надежности и долговечности, которые основаны на прочности элементов конструкции. Прочность определяется по максимальным динамическим нагрузкам \ddot{x}_{maxi} , возникающим при колебательных процессах. Максимальные значения ускорений конструктивных элементов определяются из уравнения (7), разрешив его относительно $\ddot{x}_{доп}$. Используя выражение (8), получаем:

$$\ddot{x}_{maxi} = \sqrt{2} \sigma_{\ddot{x}} \left[\ln \left(\frac{L_i}{V_i t_{ci}} \ln \frac{1}{P_0} \right) \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Основываясь на вышеизложенном, получаем возможность определения максимальных значений динамических нагрузок, действующих на пожарные автомобили и закрепленное на них оборудование, а также предельно-допустимые скорости движения, обеспечивающие безопасность следования к месту вызова спасательных подразделений.

Литература

1. Широухов А.В. Методика синтеза оптимальных систем защиты узлов и агрегатов пожарно-спасательных автомобилей от динамических перегрузок: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2017. 170 с.
2. Иванов К.С. Методика статистического анализа динамических нагрузок, действующих на пожарные автомобили при движении по лесным дорогам: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2005. 113 с.
3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов. 10-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2004. 479 с.
4. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М.: Высш. шк., 2004. 315 с.
5. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения: учеб. пособие для вузов. 2-е изд. М.: Высш. шк., 2000. 480 с.
6. Теория вероятностей и математическая статистика / В.А. Колемаев [и др.]. М.: Высш. шк., 1991.
7. Определение скорости следования пожарных подразделений к месту пожара в городе / А.В. Матюшин [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2015. № 3 (61).
8. Кузьмичев В.А. Основы проектирования вибрационного оборудования: учеб. пособие. СПб.: Изд-во «Лань», 2014. 208 с.
9. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля и его колебания. М.: Машиностроение, 1972. 355 с.
10. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний: М.: Высш. шк., 1980. 408 с.

УДК 614.841.41

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ ВСПЫШКИ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, ОБРАЩАЮЩИХСЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Ю.Н. Сорокина, кандидат технических наук, доцент.

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.

А.В. Калач, доктор химических наук, профессор.

Воронежский институт ФСИН России.

Ф.В. Демёхин, доктор технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложен метод оценки температуры вспышки азотсодержащих органических соединений, основанный на установлении взаимосвязи данного показателя со строением молекул веществ с использованием молекулярных дескрипторов. Проанализирована зависимость температуры вспышки от строения молекул веществ, выявлен ряд закономерностей. Установлена корреляция дескрипторов с температурой вспышки и строением молекул соединений. Полученные аппроксимационные уравнения позволяют с удовлетворительной точностью оценить температуру вспышки исследованных соединений.

Ключевые слова: пожарная безопасность, температура вспышки, дескрипторы, амины, амиды, нитрилы, пиридин

ANALYTICAL ASSESSMENT OF THE FLASH POINT OF NITROGEN-CONTAINING ORGANIC COMPOUNDS CIRCULATING IN THE PRODUCTION OF PETROLEUM PRODUCTS

Yu.N. Sorokina. Ivanovo fire and rescue academy of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.V. Kalach. Voronezh institute of the Federal penitentiary service of Russia.

F.V. Demekhin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

A method for estimating the flash point of nitrogen-containing organic compounds proposed, based on establishing the relationship of this indicator with the structure of molecules of substances using molecular descriptors. The dependence of the flash point on the structure of the molecules of substances analyzed, a number of patterns revealed. The correlation of descriptors with the flash point and the structure of the compound molecules has established. The obtained approximation equations allow us to estimate the flash point of the studied compounds with satisfactory accuracy.

Keywords: fire safety, flash point, descriptors, amines, amides, nitriles, pyridine

Температура вспышки ($T_{всп}$) является важнейшим показателем, характеризующим пожароопасность горючих жидкостей. Данные по температурам вспышки требуются при проведении оценки пожарных рисков производственных объектов, что является необходимым условием организации мероприятий по защите от пожаров.

Согласно ГОСТ 12.1.044–89 при проведении оценки пожарного риска допускается использование как экспериментальных, так и расчетных значений температуры вспышки. В связи с многообразием органических веществ экспериментальное измерение температуры

вспышки всех существующих изомерных соединений не представляется возможным. В то же время установлено, что $T_{всп}$ хорошо коррелирует с некоторыми физическими свойствами веществ (температура кипения, давление насыщенного пара) и со строением молекул, на основе чего разработано несколько методов расчета данного показателя (ГОСТ 12.1.044–89). Однако существующие расчетные методы не удовлетворяют современным требованиям, поэтому в настоящее время активно ведутся исследования, направленные на разработку более универсальных методик оценки температуры вспышки и других пожароопасных показателей [1–3]. Все предлагаемые методики основываются на накопленной к настоящему времени достаточно обширной базе экспериментальных данных по пожароопасным свойствам различных классов органических соединений [4–8].

Для оценки пожароопасных свойств веществ применим метод QSPR (Quantitative structure property relationship) [9–13]. В данном методе строение молекул описывается с помощью молекулярных дескрипторов – числовых значений, рассчитываемых на основе молекулярной формулы вещества. К преимуществам метода QSPR можно отнести его доступность, простоту, экспрессность и возможность осуществления на его основе целенаправленного молекулярного дизайна органических соединений с заданными свойствами [14].

Объектами исследования в настоящей работе выбраны следующие классы азотсодержащих органических соединений: амины, амиды карбоновых кислот, нитрилы и производные пиридина. Выбор исследуемых веществ обусловлен их широким применением в различных отраслях промышленности и использованием в качестве сырья и вспомогательных компонентов в различных технологических процессах и производствах.

Необходимо также отметить высокую токсичность исследуемых азотсодержащих соединений и наличие канцерогенных свойств у представителей ароматического ряда, что осложняет проведение экспериментальных исследований и обуславливает актуальность выбора данных веществ для разработки аналитического метода оценки температуры вспышки.

Прогнозированию температуры вспышки азотсодержащих органических соединений (аминов) посвящен ряд публикаций [15–17].

Целью исследования являлось изучение влияния строения молекул азотсодержащих органических веществ на температуру вспышки и получение аппроксимационных уравнений для оценки данного показателя на основе молекулярных дескрипторов.

Для достижения поставленной цели на основе литературных источников [4–8] были сформированы базы данных по температурам вспышки алифатических аминов (95 соединений), ароматических аминов (92 соединения), амидов карбоновых кислот (30 соединений), производных пиридина (25 соединений) и нитрилов (32 соединения).

По результатам анализа и обобщения полученных зависимостей температуры вспышки от строения молекул – объектов исследования – установлены общие закономерности, представленные авторами в докладе на Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность» [18].

Дальнейшие исследования позволили установить новые закономерности. Например, производные пиридина имеют более низкие $T_{всп}$ по сравнению с бензоламинами, при этом присутствие заместителей в пара- и мета-положениях способствует повышению температуры вспышки, а в орто-положениях – к ее понижению; ароматические нитрилы, имеющие функциональную группу в составе радикалов в боковых ответвлениях, характеризуются более высокими температурами вспышки по сравнению с соединениями, в которых атом азота нитрильной группы непосредственно связан с углеродом бензольного ядра.

Установлено, что взаимосвязь $T_{всп}$ с числом углеродных атомов в рамках гомологического ряда веществ с подобной структурой молекул имеет линейный характер [19] (рис. 1).

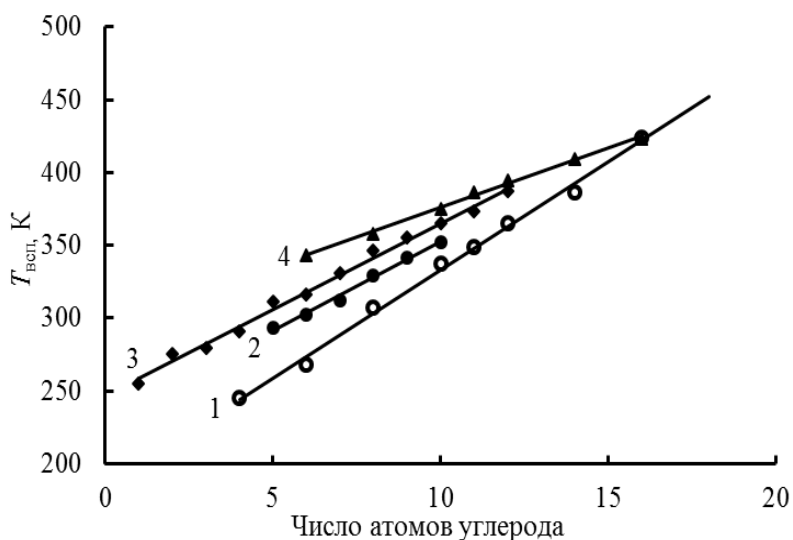


Рис. 1. Зависимость температуры вспышки от числа атомов углерода для гомологических рядов: 1 – N,N-диметил-*n*-алкиламины; 2 – 2-*n*-алкилпиридины; 3 – *n*-алканнитрилы; 4 – 4-*n*-алкилбензоламины

Выявленная закономерность может применяться для оценки температуры вспышки соединений в рамках гомологических рядов веществ подобного строения [19, 20]. С целью получения аналитических зависимостей для оценки температуры вспышки для каждого их исследуемых веществ рассчитали набор дескрипторов аналогично работе [21].

На рис. 2 в качестве примера приведены графики взаимосвязи температуры вспышки первичных алифатических аминов с выбранными индексами (дескрипторами). Подобные зависимости характерны и для других классов рассматриваемых соединений.

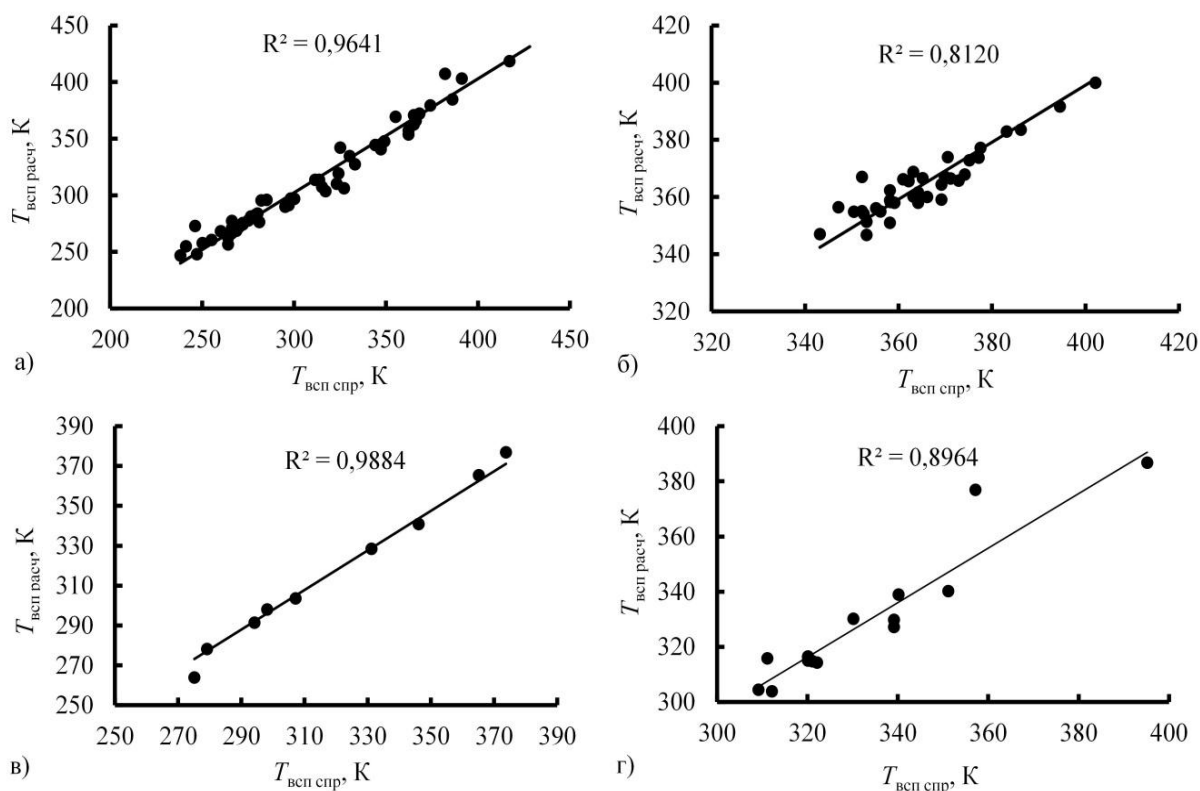


Рис. 2. Корреляция между температурами вспышки первичных алифатических аминов и некоторыми дескрипторами: 1 – индекс G_b ; 2 – индекс G_p

Полученные аппроксимационные уравнения для прогнозирования температуры вспышки исследуемых органических соединений представлены в таблице.

Таблица. Аппроксимационные уравнения для прогнозирования температуры вспышки и результаты их апробации

| Класс соединений | Уравнение для прогнозирования $T_{всп}$, К | R^2 | № уравнения | Результаты апробации | |
|-------------------------------|--|--------|-------------|----------------------|--------------|
| | | | | Δ , К | σ , К |
| Первичные алифатические амины | $T_{всп} = 189,835 + 0,074G_b + 0,28S_M - 0,118V_M + 0,123PPSAI$ | 0,9976 | (1) | 7,7 | 9,8 |
| Вторичные алифатические амины | $T_{всп} = 172,8 + 0,582S_M$ | 0,991 | (2) | 4,5 | 6,6 |
| Третичные алифатические амины | $T_{всп} = 191,467 + 14,122\chi + 0,753G_b - 0,153G_p + 0,191S_M - 2,471V_M$ | 0,9943 | (3) | 7,2 | 9,7 |
| Первичные бензоламины | $T_{всп} = 291,8 + 0,52V_M$ | 0,9950 | (4) | 4,4 | 5,0 |
| Вторичные бензоламины | $T_{всп} = 303,1 + 0,322S_M$ | 0,9871 | (5) | 3,0 | 3,5 |
| Третичные бензоламины | $T_{всп} = 254,8W^{0,07}$ | 0,9690 | (6) | 5,8 | 7,7 |
| Первичные фенилалкиламины | $T_{всп} = 256,518 - 9,737W^{0,4357} + 0,036G_b + 0,435S_M + 0,251PPSAI$ | 0,9466 | (7) | 2,4 | 3,1 |
| Третичные алифатические амиды | $T_{всп} = 296,255 + 0,716S_M - 0,634V_M + 0,061PPSAI$ | 0,9993 | (8) | 5,5 | 6,4 |
| Алифатические нитрилы | $T_{всп} = 215,587 + 18,667W^{0,204} + 0,348S_M$ | 0,9961 | (9) | 3,3 | 4,7 |
| Производные пиридина | $T_{всп} = 212,057 - 7,486W^{0,435} + 0,129G_b + 0,462S_M$ | 0,8827 | (10) | 7,0 | 8,3 |

Как видно из таблицы, уравнения (1–10) адекватно описывают экспериментальные данные. Средняя квадратическая погрешность оценки температуры вспышки не превышает 10 градусов, что допускается ГОСТ 12.1.044–8.

Для наглядности на рис. 3 представлены полученные зависимости рассчитанных и справочных значений температуры вспышки исследуемых соединений.

Вывод

Предлагаемый метод позволяет с удовлетворительной точностью оценить температуру вспышки органических соединений изученных классов. Достоверность метода подтверждается его удовлетворительной работой на достаточно больших контрольных выборках и минимальным количеством веществ, входящих в обучающие выборки.

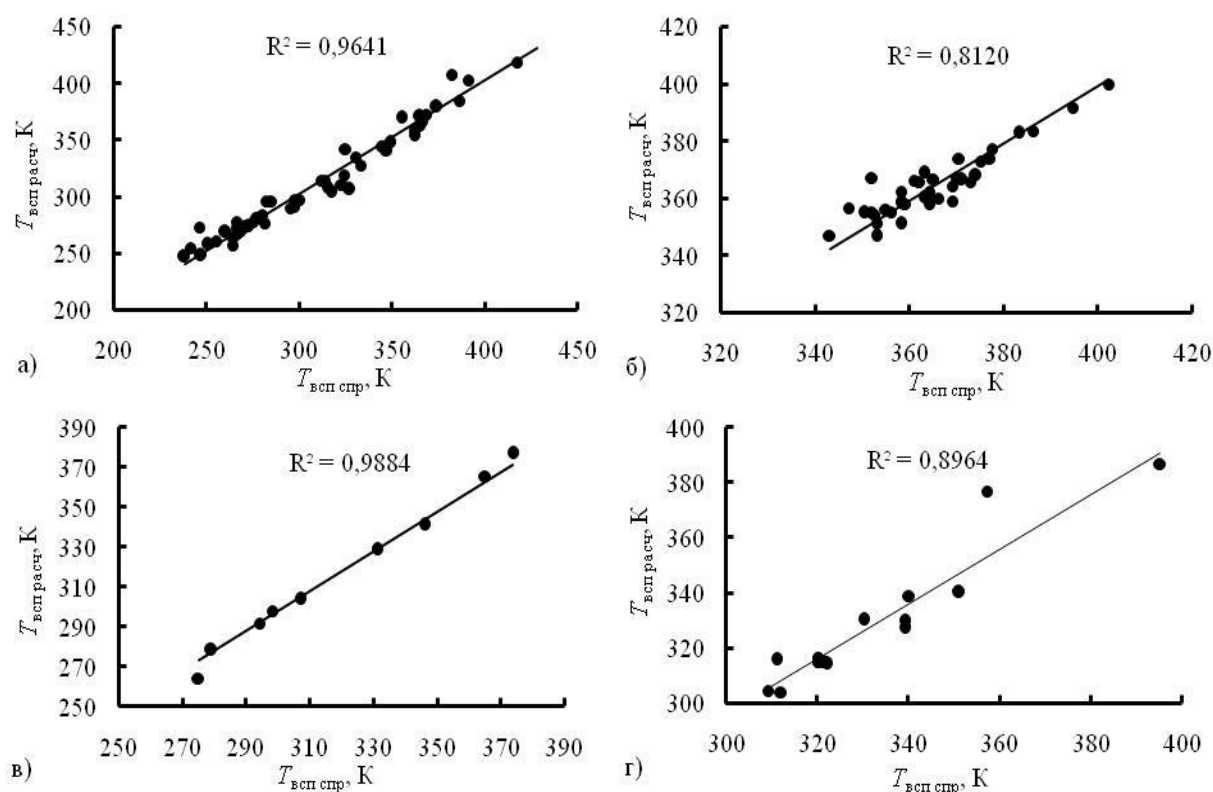


Рис. 3. Корреляция между расчетными и экспериментальными значениями температуры вспышки для гомологических рядов: а) алифатических аминов; б) ароматических аминов; в) предельных нитрилов; г) производных пиридина

К преимуществам метода можно отнести универсальность, простоту, отсутствие необходимости в проведении дополнительных экспериментов по измерению других физических свойств веществ, связанных с температурой вспышки.

Литература

1. Алексеев С.Г., Барбин Н.М. Методы прогнозирования основных показателей пожароопасности органических соединений // Техносферная безопасность. 2015. № 2. С. 4–14.
2. Vidal M., Rogers W.J., Holste J. C. Mannan M. S. A review of estimation methods for flash points and flammability limits // Process Safety Progress. 2004. Vol. 23 (1). P. 47–55. DOI: 10.1002/prs.10004.
3. Королев Д.С., Калач А.В., Сорокина Ю.Н. Сравнительный анализ способов прогнозирования физико-химических свойств веществ // Вестник университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2016. № 1. С. 78–84.
4. Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : справ. изд. в 2-х кн. М.: Асс. «Пожнаука», 2004. Ч. 1. 713 с.; Ч. 2. 774 с.
5. Земский Г.Т. Физико-химические и огнеопасные свойства органических химических соединений: справ. изд. в 2-х кн. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. Кн. 1. 502 с.; Кн. 2. 458 с.
6. База данных химических соединений PubChem. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/search/> (дата обращения: 17.01.2021).
7. База данных химических соединений ChemSpider. URL: <http://www.chemspider.com/> (дата обращения: 17.01.2021).
8. Sigma-Aldrich. URL: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/AdvancedSearchPage.do> (дата обращения: 17.01.2021).
9. Алексеев К.С., Алексеев С.Г., Барбин Н.М. Прогнозирование физико-химических и пожароопасных показателей с помощью правил углеродной цепи. 1. Алканы // Журнал

сибирского федерального университета. Сер.: Химия. 2018. Т. 11. № 2. С. 219–229. DOI:10.17516/1998-2836-0070.

10. Костин А.А., Литвинов Ю.М., Корольков М.В. О связи показателей пожаровзрывоопасности со строением в ряду органических соединений // Безопасность труда в промышленности. 2018. № 6. С. 52–58. DOI: 10.24000/0409-2961-2018-6-52-58.

11. Arjmand F., Shafiei F. Prediction of the normal boiling points and enthalpy of vaporization of alcohols and phenols using topological indices // Журнал структурной химии. 2018. Т. 59. № 3. С. 770–776. DOI: 10.1134/S0022476618030393.

12. Ранжированный ряд фрагментов молекул лекарственных средств, определяющих их нейродоступность / П.Г. Полищук [и др.] // Химико-фармацевтический журнал. 2017. Т. 51. № 1. С. 35–38. DOI: 10.30906/0023-1134-2017-51-1-35-38.

13. Hui-Ying X., Jian-Wei Z., Gui-Xiang H., Wei W. QSPR/QSAR models for prediction of the physico-chemical properties and biological activity of polychlorinated diphenyl ethers (PCDES) // Chemosphere. 2010. Vol. 80. No 6. P. 665–670. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2010.04.050.

14. Bolboaca S.D., Jantschi L., Diudea M.V. Molecular design and QSARS/QSPRS descriptors family // Current computer-aided drug design. 2013. Vol. 9. No 2. P. 195–205.

15. Смирнов В.В., Алексеев С.Г., Барбин Н.М. Связь показателей пожарной опасности с химическим строением. XIV. Алкиламины // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 11. С. 27–37.

16. Смирнов В.В., Алексеев С.Г., Барбин Н.М. Прогнозирование температуры вспышки диалкиламинов // Журнал сибирского федерального университета. Сер.: Химия. 2016. Т. 9. № 1. С. 68–77. DOI: 10.17516/1998-2836-2016-9-1-68-77.

17. Keshavars M.H., Moradi S., Madram A.R., Pouretedal H.R., Esmailpour K., Shokrolahi A. Reliable method for prediction of the flash point of various classes of amines on the basis of some molecular moieties for safety measures in industrial processes // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2013. No. 26. P. 650–659. DOI: 10.1016/j.jlp.2013.01.005.

18. Сорокина Ю.Н. К оценке температуры вспышки азотсодержащих органических веществ // Пожарная и аварийная безопасность: сб. материалов XIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. году культуры безопасности. Иваново, 2018. С. 86–89.

19. Сунцов Ю.К., Сорокина Ю.Н., Чуйков А.М. Взаимосвязь энергии Гельмгольца с температурой вспышки веществ в гомологическом ряду n-алкиламинов // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 4. С. 21–28. DOI: 10/18322/PVB.2017.26.04.21-28.

20. Сорокина Ю.Н., Макаров Е.Г. Оценка температуры вспышки алифатических аминов в гомологических рядах по молекулярной массе // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. ст. по материалам IX Всерос. науч.-практ. конф. курсантов, слушателей, студентов и молодых ученых с междунар. уч. Воронеж: Воронежский институт – филиал Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России, 2018. С. 408–410.

21. Дескрипторный метод в прогнозировании пожароопасности органических соединений / А.В. Калач [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 9. С. 38–44.



ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА

УДК 343; 34.03

ПРОБЛЕМЫ УГОЛОВНО-ПРОЦЕССУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ МАТЕРИАЛЬНОГО УЩЕРБА ПО ДЕЛАМ О ПОЖАРАХ

А.В. Меньшиков, кандидат педагогических наук, доцент;

Л.С. Муталиева, кандидат юридических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Р.С. Ажмуллаев.

Главное управление МЧС России по Астраханской области

Проанализирована уголовно-процессуальная деятельность дознавателя, осуществляющего проверку по факту пожара, а также дознание по преступлениям, связанным с пожарами, по оценке материального ущерба, причиненного пожаром. Выявлены основные проблемы, возникающие при осуществлении оценки ущерба от пожаров. К ним относятся: дефицит информации об объеме и составе имущества, уничтоженного пожаром; необходимость проведения оценки поврежденного или утраченного в результате пожара имущества незамедлительно, независимо от времени суток; дифференциация пожара в качестве гражданско-правового деликта, административного правонарушения или уголовного преступления; значительность причиненного ущерба при масштабных пожарах. Преодоление указанных сложностей является залогом успешной деятельности дознавателя по защите имущественных прав потерпевших, а также повышения доверия населения к органам дознания по пожарам.

Ключевые слова: материальный ущерб, пожар, оценка материального ущерба при пожарах, проблемы оценки материального ущерба при пожарах

PROBLEMS OF CRIMINAL PROCEDURE IN ASSESSING MATERIAL DAMAGE IN FIRE CASES

A.V. Menshikov; L.S. Mutalievva.

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

R.S. Azhmullaev. Head department of EMERCOM of Russia for the Astrakhan Region

The article analyzes the criminal procedural activity of an interrogator who checks on the fact of a fire, as well as an inquiry on crimes related to fires, according to the assessment of material damage caused by the fire. The main problems that arise during the assessment of damage from fires have been identified. These include: lack of information on the volume and composition of property destroyed by fire; the need to assess property damaged or lost as a result of a fire immediately, regardless of the time of day; differentiation of fire as a civil tort, administrative offense or criminal offense; the significance of the damage caused by large-scale

fires. Overcoming these difficulties is the key to the successful work of the investigator in protecting the property rights of victims, as well as increasing public confidence in the bodies of inquiry on fires.

Keywords: material damage, fire, assessment of material damage during fires, problems of assessment of material damage during fires

Вопросы возмещения ущерба от преступлений были актуальными во все времена. Привлечение лица к уголовной ответственности автоматически не влечет решение вопроса о восстановлении имущественной сферы потерпевшего, нарушенного преступлением [1]. Особую востребованность институт возмещения ущерба приобретает при пожарах, которые были совершены в рамках совершения преступления, то есть имеющих криминальный характер. В таких случаях необходима уголовно-процессуальная деятельность, способствующая установлению размера ущерба, причиненного пожаром. Возмещение ущерба, причиненного преступлением, означает защиту прав и законных интересов потерпевших от преступления, а в масштабах всего общества – повышение доверия ко всему государству и его правоохранительной системе. При этом в ходе осуществления уголовно-процессуальной деятельности по оценке материального ущерба по делам о пожарах возможно возникновение проблем, которые негативным образом могут сказаться на конечном результате такой деятельности. Помимо этого, в качестве подтверждения актуальности изучения проблем может служить динамика количества пожаров с крупным материальным ущербом, представленная МЧС России [2, с. 64]. Исходя из анализа данной информации, можно сделать вывод, что статистика пожаров в России, сопряженных с крупным материальным ущербом, является нестабильной, склонной как к резким падениям, так и к скачкообразным увеличениям. Из этого следует, что в Российской Федерации уголовно-процессуальная деятельность по оценке материального ущерба после пожаров является востребованным видом деятельности дознавателей, необходимым для защиты прав потерпевших.

Под ущербом можно понимать потери, которые наступили как результат конкретных явлений и событий, преимущественно, по причине наличия факторов окружающей среды, появившихся в итоге человеческого воздействия на окружающую среду [3, с. 24]. Разновидности ущерба, понесенные в ходе пожара, являются многочисленными. Например, ущерб можно рассматривать в социальном, материальном и иных смыслах.

В аспекте уголовно-процессуальной деятельности существенное значение имеет материальный ущерб. Под таким ущербом стоит понимать стоимостное выражение поврежденных и уничтоженных материальных ценностей, затрат на тушение пожара, ликвидацию его последствий, включая восстановление либо приобретение поврежденных объектов. В свою очередь, материальный ущерб включает в себя прямой и косвенный ущербы. Прямой ущерб от пожара заключается в денежном выражении материальных ценностей, которые были уничтожены и/или повреждены из-за непосредственного опасного воздействия пожара. Что касается косвенного ущерба, то он выражается в денежном эквиваленте затрат, необходимых для тушения пожара и ликвидации его последствий [4, с. 62].

В целом уголовно-процессуальная деятельность по оценке материального ущерба от пожара включает в себя следующие шаги:

1. Выезд на место пожара в целях осмотра, фиксации повреждений и дефектов имущества в письменном виде, а также путем осуществления фото- и видеосъемки. Рыночная стоимость имущества подразумевает: стоимость поврежденного имущества (бытовая техника, мебель и т.д.); механизмы и материалы, необходимые для восстановления уничтоженного и/или поврежденного имущества (снос здания, вывоз строительного мусора, доставка строительных материалов, иного имущества и т.д.); восстановительные работы, направленные на ликвидацию ущерба, который был нанесен отделке, включая санобработку.

2. После изучения поврежденного и/или уничтоженного в ходе пожара имущества составляется отчет о материальном ущербе, который был нанесен в результате пожара. Кроме реального ущерба, отчет должен отражать рыночную стоимость имущества. Для определения точного размера ущерба возможно привлечение эксперта. Таким образом, экспертное заключение должно включать в себя обширный объем данных, в том числе сумму материального ущерба, причиненного пожаром [5, с. 239].

Уголовно-процессуальная деятельность по оценке материального ущерба от пожаров возможна уже на этапе осмотра места происшествия. На обозначенной стадии необходимо с особым вниманием отнестись к установлению характеристик имущества, которое в ходе пожара подверглось повреждению или уничтожению. Установление характеристик поврежденного или уничтоженного в ходе пожара имущества возможно двумя способами:

– визуальный осмотр имущества. Данный способ целесообразен тогда, когда имущество после пожара сохранило свою структуру и вещественную целостность. В обозначенном случае анализу подлежат внешние характеристики предметов, степень их повреждений. Также в рамках данного способа необходимо истребовать и, в дальнейшем, изъять сохранившуюся документацию на имущество, например, паспорта, сертификаты и т.д.

– работа с лицом, чья собственность пострадала в ходе пожара. Мероприятия, отнесенные к данному способу, характеризуются опросным форматом, и заключаются в постановке дознавателем потерпевшему конкретных вопросов, на которые предполагается получить развернутые и полные ответы. На основании результата реализованных мероприятий должно быть сформировано максимально полное и четкое представление о поврежденном или уничтоженном в ходе пожара имуществе. В сведения об имуществе могут быть включены такие параметры, как марка; год изготовления, модель имущества; дата приобретения имущества; фактическая, юридическая и оценочная стоимость имущества; степень повреждений имущества; отличительные признаки имущества и т.д. [6, с. 54].

Таким образом, характеристика имущества, которое пострадало при пожаре, в ходе осуществления уголовно-процессуальной деятельности должно быть описано подробным образом, что в дальнейшем позволит определить точный материальный ущерб, нанесенный потерпевшему. Кроме того, оценка материального ущерба по делам о пожарах производится даже в том случае, если факт уничтожения имущества не был реализован, а лишь предпринимались такие попытки.

Однако стоит отметить, что непосредственное проведение уголовно-процессуальной деятельности при оценке материального ущерба по делам о пожарах зачастую сопровождается рядом разноплановых сложностей, что обусловлено спецификой категорий дел, в которых фигурируют пожары.

В первую очередь хотелось бы обратить внимание не столько на практическую, сколько на теоретическую проблему, имеющую место в рамках уголовно-процессуальной деятельности при оценке материального ущерба по делам о пожарах. Значимость данной проблемы заключается в том, что ее уяснение позволяет определить, в каких случаях уголовно-процессуальная деятельность при материальной оценке ущерба, нанесенного при пожаре, является целесообразной. Сложность заключается в том, что потерпевший и в уголовно-процессуальном, и в гражданском праве обладает рядом схожих черт. Тем не менее в границах гражданского права категория потерпевшего при пожаре будет более широкой, чем в пределах уголовно-процессуального права.

Среди отличий статуса потерпевшего при пожаре в гражданском и уголовно-процессуальном праве присутствуют следующие:

– в гражданском праве лицо может выступать в качестве потерпевшего и за пределами гражданского потерпевшего, то есть само наличие факта нанесения вреда приводит к возникновению статуса потерпевшего;

– для получения статуса потерпевшего при пожаре в уголовно-процессуальном праве необходимо, чтобы вред был причинен в результате совершения преступления, также необходимо процессуальное решение, принятое должностным лицом о признании лица

потерпевшим. Приобретение статуса потерпевшего в гражданском праве возможно уже на основании совершения деликта [7, с. 12].

Таким образом, помимо причинения ущерба от пожара, попадающего под регулирование гражданского права, существует институт материального ущерба, который возникает конкретно в ходе преступных деяний (включая неумышленные действия).

Хотелось бы отметить проблему уголовно-процессуальной деятельности, обусловленную самой спецификой пожара как непредсказуемого и опасного явления. Уголовно-процессуальная деятельность при оценке материального ущерба, нанесенного в ходе пожара, характеризуется неотложностью. Следовательно, мероприятия, позволяющие установить материальный ущерб, возникший по причине пожара, должны быть реализованы в самые короткие сроки независимо от времени суток. При этом существует угроза, что некоторое имущество в случае отложенного осмотра места происшествия, который проводится, в том числе, в целях определения утраченного имущества, а также последующего определения размера материального ущерба, в течение непродолжительного промежутка времени может быть безвозвратно утрачено [8, с. 81]. Следовательно, может возникнуть угроза дефицита информации, обусловленная уничтожением имущества. Проблему недостатка информации, необходимой для определения материального ущерба от пожарах, возможно решить путем задействования современных интернет-технологий. Например, Н.Ю. Борзунова упоминает о том, что пожары вызывают общественный резонанс, что, в свою очередь, приводит к быстрому распространению информации о пожаре в социальных сетях и других интернет-ресурсах. Речь здесь идет о постах в социальных сетях, видеозаписях, фотографиях, комментариях и других материалах, включающих в себе информацию о происшествии. Активность в социальных сетях, мессенджерах, видеохостингах, мобильных приложениях может привести к получению данных, которые по своему объему будут не менее существенными, чем полученные в ходе производства отдельных следственных действий. В силу этого целесообразным будут мониторинг дознавателем обозначенных ресурсов, что позволит получить необходимые сведения [6, с. 51]. Благодаря такому мониторингу возможно более точно определить материальный ущерб от пожара. Несомненно, что данные, полученные в результате мониторинга, должны найти свое подтверждение в доказательствах, полученных в процессуальном порядке. Речь же идет только о том, что в рамках мониторинга средств массовой информации происходит определение направлений деятельности дознавателя по выявлению ущерба, причиненного пожаром.

Свою специфику, обуславливающую проблему в уголовно-процессуальной деятельности при оценке материального ущерба по делам о пожарах, имеют дела, связанные с лесными пожарами. Хабалов И.А. пишет, что размер материального ущерба в случае с лесными пожарами в подавляющем большинстве случаев несоизмерим с объемом имущества, находящегося в собственности у обвиняемого. Таким образом, изъятие имущества обвиняемого не приведет к возмещению ущерба, принесенного в ходе лесного пожара. Помимо этого, лесной пожар может произойти по причине неосторожного обращения с огнем лицами, которые в летнее время года собирают «дикорос», не имеют в собственности никакого имущества либо находятся в затруднительном финансовом положении. По этой причине возможность возмещения материального ущерба сводится к минимуму. Одновременно с этим, даже один лесной пожар может привести к многомиллиардным убыткам. В результате уголовно-процессуальная деятельность, направленная на оценку материального ущерба от пожара, теряет свою практическую ценность [9, с. 139]. Подтвердим данное положение примером из практики. Так, в августе 2019 г. Гусиноозерским городским судом Республики Бурятия было рассмотрено дело, возбужденное в отношении М.В. Данзанова, который обвинялся по ч. 2 ст. 261 Уголовного кодекса Российской Федерации (УК РФ), то есть уничтожение или повреждение лесных насаждений и иных насаждений в результате неосторожного обращения с огнем или иными источниками повышенной опасности, в результате чего произошло наступление крупного ущерба. Ущерб, нанесенный в ходе преступных, неосторожных действий М.В. Данзанова,

составил 7 632 733 руб. Свою вину обвиняемый признал в полной мере. В ходе судебного разбирательства было учтено финансовое положение М.В. Данзанова, характеризующееся нестабильностью. Помимо этого было отмечено наличие на иждивении у обвиняемого супруги, малолетних детей. От выплаты процессуальных издержек М.В. Данзанов был освобожден [10]. Таким образом, возмещение материального ущерба, полученного в ходе пожара, возникшего по причине противоправных действий преступного лица, может являться затруднительным мероприятием.

Из вышеизложенного следует, что можно выделить следующие проблемы, имеющие место в уголовно-процессуальной деятельности при оценке материального ущерба по делам о пожарах:

- отграничение гражданского и уголовно-процессуального статуса потерпевшего, имущество которого в ходе пожара было повреждено и/или уничтожено;

- в связи со спецификой пожаров, являющихся непредсказуемым явлением, имущество, поврежденное в ходе его возникновения, может быть безвозвратно утрачено или испорчено, из-за чего объективная оценка его материальной стоимости становится затруднительной. Кроме того, при пожарах затруднительным может быть первый осмотр места происшествия, производимый, в том числе для оценки материального ущерба;

- отдельные случаи пожаров характеризуются существенным материальным ущербом. Пример тому – лесные пожары, ущерб от которых может составлять миллионы рублей. В результате подавляющая часть обвиняемых оказывается не в силах возместить ущерб, причиненный преступными действиями.

Таким образом, уголовно-процессуальная деятельность по оценке материального ущерба по делам о пожарах сопряжена со сложностями, препятствующими наиболее точному и справедливому определению полученного ущерба. Преодоление некоторых сложностей становится возможным благодаря задействованию современных технологий, среди которых особое место можно отвести сети Интернет. Также проблемы могут быть связаны с существенным материальным ущербом, понесенным в ходе пожара. В некоторых случаях виновное лицо в силу своих финансовых возможностей не может возместить ущерб, что нарушает права и законные интересы потерпевшего. Деятельность дознавателя по оценке причиненного в результате пожара ущерба имеет определяющее значение для квалификации преступного деяния, а также для защиты имущественных прав потерпевшего.

Литература

1. Подустова О.Л. Возмещение ущерба, причиненного преступлением: российский и зарубежный опыт // Международное уголовное право и международная юстиция. 2017. № 3. С. 30–32.
2. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году: Гос. доклад. М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. 264 с.
3. Артеменко А.В., Абакумов Р.Г. Определение и оценка экономического ущерба от пожара зданий и сооружений // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2018. № 7 (33). С. 24–29.
4. Калинина А.С. Оценка экономического ущерба от пожаров: учеб. пособие. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2020. 138 с.
5. Лазуткина Н.Ю., Рыжих И.Н. Экспертиза и оценка ущерба после пожара: сб. науч. статей 4-й Междунар. науч. конф. перспективных разработок молодых ученых. Курск, 2019. С. 238–241.
6. Борзунова Н.Ю. Специфика осмотра места происшествия по делам о пожарах // Право. Безопасность. Чрезвычайные ситуации. 2020. № 3 (78). С. 49–55.
7. Муталиева Л.С., Меньшиков А.В., Зименко А.А. Особенности гражданских правоотношений по возмещению ущерба от пожаров // Право. Безопасность. Чрезвычайные ситуации. 2020. № 4 (49). С. 10–14.

8. Овсянников В.В. О некоторых особенностях осмотра места происшествия, сопряженного с пожаром // Актуальные проблемы борьбы с преступлениями и иными правонарушениями. 2018. № 18-1. С. 80–82.

9. Хабалов И.А. Меры совершенствования оценки по возмещению ущерба, причиненного совершением экологических преступлений // Академическая мысль. 2018. № 3 (4). С. 138–141.

10. Приговор № 1-234/2019 от 20 авг. 2019 г. по делу № 1-234/2019 // Судакт. URL: <https://sudact.ru/regular/doc/KW9UdXH1o15I/> (дата обращения: 26.09.2021).

УДК 342.5, 343.35

ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КОРРУПЦИИ В МЧС РОССИИ

**Е.А. Зорина, кандидат юридических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

М.А. Зыков.

Главное управление МЧС России по Мурманской области

Статья посвящена анализу правовых основ противодействия коррупции в МЧС России. Авторы рассматривают основные нормативные правовые акты по борьбе с коррупцией, в том числе применяемые в МЧС России. Особое внимание уделяется самому понятию «правовых основ противодействия коррупции», описанию роли структурных подразделений МЧС России в сфере борьбы с коррупцией. Обращается внимание на ряд проблемных вопросов в сфере правового регулирования борьбы с коррупцией в системе МЧС России. Вносятся авторские предложения по совершенствованию законодательства в рассматриваемой сфере общественных отношений.

Ключевые слова: коррупция, противодействие коррупции, МЧС России, антикоррупционная деятельность, антикоррупционная экспертиза, правовые основы, административные регламенты

LEGAL BASIS OF ANTI-CORRUPTION IN EMERCOM OF RUSSIA

E.A. Zorina. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

M.A. Zykov. The Main Directorate of EMERCOM of Russia in the Murmansk region

The article is devoted to the analysis of the legal foundations of anti-corruption in EMERCOM of Russia. The authors consider the main regulatory legal acts on the fight against corruption, including those used in EMERCOM of Russia. Special attention is paid to the very concept of the «legal basis for combating corruption», the description of the role of structural units of EMERCOM of Russia in the fight against corruption. Attention is drawn to a number of problematic issues in the field of legal regulation of the fight against corruption in the system of EMERCOM of Russia. Author's proposals are made to improve legislation in the field of public relations under consideration.

Keywords: corruption, anti-corruption, EMERCOM of Russia, anti-corruption activities, anti-corruption expertise, legal framework, administrative regulations

Коррупция – одна из существенных проблем Российской Федерации. Согласно некоторым данным по индексу восприятия коррупции за 2020 г. наша страна пока не занимает ведущих позиций¹.

В целом тема противодействия коррупции в органах исполнительной власти была и остается актуальной как среди отечественных [1, 2], так и среди зарубежных [3–5] ученых.

Вместе с тем нормативно-правовая база в указанной сфере постоянно развивается. Все усиливающееся внимание государства в лице правоохранительных органов к коррупционным проявлениям², а также работа по совершенствованию законодательной базы в названной сфере³ свидетельствует о том, что государство активно борется с этой бедой.

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России, Министерство), опираясь на положения нормативной правовой базы в рассматриваемой сфере общественных отношений и действуя в их развитии, проводит интенсивную работу по борьбе с коррупцией, показывает приверженность принципам ее противодействия, а также строгое исполнение действующего законодательства Российской Федерации для предупреждения и борьбы с ней.

Одним из важнейших элементов антикоррупционного механизма является выработка правовых основ деятельности. На основах противодействия коррупции в деятельности МЧС России остановимся ниже.

Прежде всего, отметим, что на международном уровне принят ряд принципиальных международно-правовых актов, которые, наряду с национальным законодательством, являются фундаментом по борьбе с коррупцией⁴.

Конституция Российской Федерации как основной закон государства имеет наиважнейшее значение в системе борьбы с коррупцией, так как она обладает высшей юридической силой, имеет прямое действие и применима на всей территории страны. Одобренные в ходе общероссийского голосования 1 июля 2020 г. поправки в Конституцию Российской Федерации усиливают направление борьбы с коррупцией, вводя дополнительные запреты к высшим должностным лицам государства, а именно: иметь иностранное гражданство, вид на жительство или иной документ, позволяющий проживать в другой стране; владеть вкладными за границей; хранить ценности в зарубежных банках⁵.

Системообразующим нормативным правовым актом в названной сфере общественных отношений является Федеральный закон от 25 декабря 2008 г. № 273-ФЗ «О противодействии коррупции» (Закон № 273-ФЗ)⁶, который установил основные принципы противодействия коррупции, правовые и организационные основы предупреждения и борьбы с ней, определил несколько уровней, образующих правовую основу противодействия коррупции (международный, федеральный, региональный и муниципальный) (ст. 10).

В названном Законе впервые на законодательном уровне дается определение «коррупция», «противодействие коррупции».

¹ URL: <https://www.transparency.org/en/cpi/2020/index/rus> (дата обращения: 01.08.2021).

² См., например: URL: <https://rg.ru/2021/01/14/bastrykin-rasskazal-o-samyh-gromkih-rassledovaniiah-za-10-let-raboty-sk.html>; <https://pravo.ru/news/231205/> (дата обращения: 01.08.2021).

³ О Национальном плане противодействия коррупции на 2021–2024 годы: Указ Президента Рос. Федерации от 16 авг. 2021 г. № 478. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

⁴ См., например: Конвенция ООН против коррупции (2003 г.), Конвенция Совета Европы об уголовной ответственности за коррупцию (1999 г.) и др.

⁵ Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12 дек. 1993 г. с изм., одобр. в ходе общерос. голосования 1 июля 2020 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

⁶ О противодействии коррупции: Федер. закон от 25 дек. 2008 г. № 273-ФЗ (в ред. от 26 мая 2021 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Во исполнение положений Закона № 273-ФЗ, Указом Президента Российской Федерации утверждены меры по противодействию коррупции⁷, а в 2011 г. утверждено Положение о порядке рассмотрения президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по противодействию коррупции вопросов, касающихся соблюдения требований к служебному (должностному) поведению⁸.

Немаловажным также является факт закрепления в Законе № 273-ФЗ одного из направлений деятельности государственных органов по введению антикоррупционных стандартов, то есть установление для соответствующей области деятельности единой системы запретов, ограничений и дозволений, обеспечивающих предупреждение коррупции в данной области.

Данное направление нашло свое отражение в законодательных актах, регулирующих прохождение федеральной противопожарной службы (ФПС) Государственной противопожарной службы, а также военной службы в системе МЧС России⁹. Указанные нормы не содержат конкретный перечень ограничений, запретов и обязанностей, связанных со службой. Они имеют бланкетный характер и направляют к положениям Закона № 273-ФЗ и Федерального закона от 27 июля 2004 г. № 79-ФЗ «О государственной гражданской службе Российской Федерации».

Особого внимания заслуживает обязанность предоставления сведений о доходах, расходах, об имуществе и обязательствах имущественного характера установленные для лиц, замещающих должности государственной и муниципальной службы, а также граждан, претендующих на замещение таких должностей в соответствии со ст. ст. 8–8.1 Закона № 273-ФЗ.

Приказом МЧС России¹⁰ круг лиц, подающих названные сведения в МЧС России, значительно расширен путем утверждения соответствующего Перечня должностей. Пунктом 2 названного приказа определено, что на работников, замещающих должности, указанные в Перечне, распространяются ограничения, запреты и обязанности, установленные для федеральных государственных служащих МЧС России в соответствии с Законом № 273-ФЗ и Федеральным законом от 27 июля 2004 г. № 79-ФЗ «О государственной гражданской службе Российской Федерации».

Хотелось бы заметить, что в настоящее время нормативное правовое регулирование в данной сфере имеет ряд аспектов, нуждающихся, на взгляд авторов, в совершенствовании.

⁷ О мерах по противодействию коррупции: Указ Президента Рос. Федерации от 19 мая 2008 г. № 815 (в ред. от 17 мая 2021 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

⁸ О некоторых вопросах организации деятельности президиума Совета при Президенте Российской Федерации по противодействию коррупции (вместе с «Положением о порядке рассмотрения президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по противодействию коррупции вопросов, касающихся соблюдения требований к служебному (должностному) поведению лиц, замещающих государственные должности Российской Федерации и отдельные должности федеральной государственной службы, и урегулирования конфликта интересов, а также некоторых обращений граждан: Указ Президента от 25 февр. 2011 г. № 233 (в ред. от 17 мая 2021 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

⁹ См., например, ч. 2 ст. 14 «Ограничения, запреты и обязанности, связанные со службой в федеральной противопожарной службе» Федер. закона от 23 мая 2016 г. № 141-ФЗ «О службе в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», а также ст. 27.1 «Ограничения, запреты и обязанности, связанные с прохождением военной службы» Федер. закона от 27 мая 1998 г. № 76-ФЗ «О статусе военнослужащих».

¹⁰ О работниках, замещающих отдельные должности на основании трудового договора в организациях, созданных для выполнения задач, поставленных перед МЧС России, и гражданах, претендующих на замещение таких должностей: приказ МЧС России от 15 апр. 2013 г. № 252 (в ред. от 3 авг. 2021 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Так, постановление Правительства Российской Федерации от 5 июля 2013 г. № 568¹¹ издано в соответствии со ст. 349.2 Трудового кодекса Российской Федерации (ТК РФ), которая содержит закрытый перечень лиц, на которых распространяются ограничения, запреты и обязанности, установленные законодательством Российской Федерации о противодействии коррупции (антикоррупционные стандарты), и не включает в себя работников территориальных органов федеральных государственных органов, то есть лиц, замещающих должности в таких органах, не относящиеся к должностям федеральной государственной службы.

В этой связи оснований для распространения предусмотренных ст. 349.2 ТК РФ и вышеуказанным постановлением Правительства Российской Федерации антикоррупционных стандартов на работников территориальных органов федеральных государственных органов не усматривается.

В соответствии с приказом МЧС России от 26 сентября 2019 г. № 525 «О мероприятиях по организации перехода территориальных органов МЧС России на функционирование в новой организационно-штатной структуре с 1 января 2020 г.», с 1 января 2020 г. территориальные органы МЧС России перешли на новую организационно-штатную структуру (личный состав ликвидированных пожарно-спасательных отрядов ФПС, центров Государственной инспекции по маломерным судам и иных организаций вошли в состав территориальных органов МЧС России); в территориальных органах введены должности работников, на которых юридически не распространяются ограничения, запреты и обязанности, установленные антикоррупционным законодательством.

Однако неприменение к работникам территориальных органов МЧС России норм антикоррупционного законодательства может привести к коррупционным правонарушениям, таким как: злоупотребление служебным положением, получение взяток, несоблюдению иных ограничений, запретов и обязанностей.

В связи с этим необходимо внести изменения и дополнения в рассматриваемые нормативные правовые акты МЧС России.

Кроме того, избыточной видится норма о предоставлении сведений обо всех счетах лица в рамках декларационной кампании. В соответствии с Письмом Минтруда России¹² (Письмо), ведомством даются пояснения о том, что в случаях, когда проступок является несущественным и совершен впервые, дисциплинарные взыскания к государственному служащему не применяются. В том числе, несущественным проступком признается, если служащий не указал сведения о банковских счетах с остатком до 1 000 руб. и без движения денег. Тем самым на основании анализа судебной практики Минтруд России допустил совершение государственным служащим такого рода проступка, что, по мнению авторов, является достаточно продуктивным подходом. Авторы считают, что было бы целесообразным указанное возвести в ранг законодательно закрепленного положения, а не ограничиваться рекомендациями в Письме.

Отдельно отметим, что для оказания консультативной и методической помощи Минтруд России ежегодно разрабатывает Методические рекомендации по вопросам представления

¹¹ О распространении на отдельные категории граждан ограничений, запретов и обязанностей, установленных Федеральным законом «О противодействии коррупции» и другими федеральными законами в целях противодействия коррупции: постановление Правительства Рос. Федерации от 5 июля 2013 г. № 568. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

¹² О критериях привлечения к ответственности за коррупционные правонарушения» (вместе с «Обзором практики привлечения к ответственности государственных (муниципальных) служащих за несоблюдение ограничений и запретов, требований о предотвращении или об урегулировании конфликта интересов и неисполнение обязанностей, установленных в целях противодействия коррупции»): Письмо Минтруда России от 21 марта 2016 г. № 18-2/10/П-1526. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

сведений о доходах, расходах, об имуществе и обязательствах имущественного характера и заполнения соответствующей формы справки за отчетный год.

Говоря о борьбе с коррупцией, невозможно не упомянуть об антикоррупционной экспертизе нормативных правовых актов и их проектов. В целях реализации данной меры принят Федеральный закон от 17 июля 2009 г. № 172-ФЗ «Об антикоррупционной экспертизе нормативных правовых актов и проектов нормативных правовых актов» (ФЗ № 172-ФЗ), утверждена методика проведения названной экспертизы¹³. Отметим, что некоторые особенности регулирования и практики деятельности малых и средних предприятий в Российской Федерации учтены в методике оценки регулирующего воздействия, обязательной к применению в федеральных органах исполнительной власти [6].

Правовым департаментом МЧС России проводится соответствующая экспертиза¹⁴.

Кроме вышеназванных значительный пакет антикоррупционных документов формируют нормативные правовые акты Президента Российской Федерации, которые играют ключевую координирующую роль в выработке государственной политики в сфере противодействия коррупции.

Так, указом Президента Российской Федерации¹⁵ определяется компетенция и основные направления деятельности Министерства.

Стратегия национальной безопасности Российской Федерации¹⁶ отмечает, что достижение целей обеспечения государственной и общественной безопасности осуществляется путем реализации государственной политики, направленной на решение, в том числе следующих задач, актуальных и для МЧС России: предупреждение и пресечение преступлений коррупционной направленности, нецелевого использования и хищения бюджетных средств в органах публичной власти и организациях с государственным участием и др.

Основные направления государственной политики в области противодействия коррупции реализуются федеральными органами исполнительной власти путем выполнения мероприятий, предусмотренных Национальным планом противодействия коррупции на 2021–2024 гг.¹⁷ В названном плане определены основные направления по борьбе с коррупцией и пути ликвидации ее последствий, которые должны исполнить органы государственной и муниципальной власти.

В целях реализации названных положений, а также совершенствования организации противодействия коррупции в системе МЧС России утвержден План противодействия коррупции в системе МЧС России на 2021–2024 годы (План)¹⁸. В Плане нашли свое отражение все основные направления, указанные в Национальном плане, с учетом специфики осуществляемой деятельности. Особый акцент в Плане сделан на оптимизацию предоставления

¹³ Об антикоррупционной экспертизе нормативных правовых актов и проектов нормативных правовых актов: постановление Правительства Рос. Федерации от 26 февр. 2010 г. № 96. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

¹⁴ Об утверждении Порядка проведения антикоррупционной экспертизы нормативных правовых актов и проектов нормативных правовых актов Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: приказ МЧС России от 29 июня 2010 г. № 299 (в ред. от 10 июня 2019 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

¹⁵ Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: Указ Президента от 11 июля 2004 г. № 868 (в ред. от 1 окт. 2021 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

¹⁶ О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента от 2 июля 2021 г. № 400. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

¹⁷ О Национальном плане противодействия коррупции на 2021–2024 годы: Указ Президента от 16 авг. 2021 г. № 478. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

¹⁸ Об утверждении Плана противодействия коррупции в системе МЧС России на 2021–2024 годы: приказ МЧС России от 29 сент. 2021 г. № 642. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

государственных услуг, в том числе внедрение в деятельность МЧС России административных регламентов осуществления государственных функций контроля (надзора) и предоставления государственных услуг. Данный инструмент, который появился относительно недавно в результате «Административной реформы 2002 года», четко описал последовательность и сроки осуществления процедур получения государственных услуг, а также сделал действия чиновников более прозрачными и понятными. Кроме того, регламенты служат мерой, ограничивающей правоприменителя от незаконных действий при реализации вверенных полномочий.

Деятельность МЧС России также регламентирована рядом подобных регламентов¹⁹.

Кроме названных в «пул» правовых основ противодействия коррупции в МЧС России входит регламент, утвержденный приказом МЧС России от 2 сентября 2014 г. № 484, а также Положение о территориальном органе МЧС России, утвержденное приказом МЧС России от 27 марта 2020 г. № 217.

Решение задач в области противодействия коррупции внутри Министерства возложено на его структурные подразделения. Так, Главное управление собственной безопасности МЧС России является уполномоченным подразделением на предупреждение, выявление, пресечение коррупционных проявлений в системе МЧС России, а также по взаимодействию в данной тематике с правоохранительными органами.

Эффективной мерой стало введение в штаты территориальных органов Министерства в 2018 г. специалистов по вопросам противодействия коррупции, которые на местах противостоят планируемым к совершению, совершаемым либо совершенным личным составом правонарушениям, а также выявляют коррупционные связи.

Значительную роль в данной сфере выполняет Департамент кадровой политики, подчиненные подразделения которого осуществляют контроль исполнения ограничений и запретов, установленных для государственной службы. В частности, на данное подразделение возложена обязанность по проверке достоверности и полноты сведений о доходах, об имуществе и обязательствах имущественного характера.

Кроме того, каждое структурное подразделение как центрального аппарата, так и территориального органа Министерства выполняет задачи по организации работы по профилактике и предотвращению коррупционных правонарушений в рамках своей компетенции.

В рамках проводимой работы МЧС России успешно выполняет задачу по выявлению и устранению коррупциогенных проявлений. Об этом свидетельствуют статистические данные за 2019 г., представленные Следственным комитетом Российской Федерации. Согласно данным МЧС России менее других ведомств подвержено коррупции²⁰.

¹⁹См., например: Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий предоставления государственной услуги по аттестации на право управления маломерными судами, поднадзорными Государственной инспекции по маломерным судам Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: приказ МЧС России от 27 мая 2014 г. № 263. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по осуществлению государственного надзора в области гражданской обороны: приказ МЧС России от 26 июня 2012 г. № 358. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

²⁰ Известия iz. URL: <https://iz.ru/953104/ivan-petrov/khorosho-poshli-sledstvennyi-komit-et-otchitalsia-0-posadkakh-chinovnikov> (дата обращения: 30.09.2021).

Таким образом, подводя итог, отметим, что, по мнению авторов, за годы деятельности в Министерстве сформирована организационная и законодательная база борьбы с коррупцией, структурные подразделения наделены соответствующими полномочиями. В целях борьбы с коррупцией сформирована четко структурированная, иерархическая система законодательных и подзаконных актов, которые соответствуют действующим международным антикоррупционным стандартам.

В тоже время имеются некоторые моменты, которые требуют скорейшего уточнения, доработки в действующем антикоррупционном законодательстве.

Во-первых, в связи с переходом МЧС России на работу в новой организационно-штатной структуре с 1 января 2020 г. следует в срочном порядке распространить действие приказа МЧС России от 15 апреля 2013 г. № 252, приказа МЧС России от 21 ноября 2013 г. № 746²¹ на категорию работников территориальных органов МЧС России.

Во-вторых, авторы считают целесообразным законодательно закрепить норму об освобождении от дисциплинарной ответственности за неуказание государственным служащим в справке о доходах, расходах, об имуществе и обязательствах имущественного характера сведения о банковских счетах с остатком до 1 000 руб. и без движения денег.

Литература

1. Смирнов Ф.Ф. Проявление коррупционных рисков в деятельности государственных органов // Журнал государственного и муниципального управления. 2021. № 1. С. 21–30. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5901db43d9ebe8.48691723.

2. Шевцов Д.Н., Сметанкина Г.И. Направления и перспективы развития антикоррупционной политики в системе МЧС России // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2018. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-i-perspektivy-razvitiya-antikorrupsionnoy-politiki-v-sisteme-mchs-rossii> (дата обращения: 19.08.2021).

3. Hrebenuk B. Methods of preventing and combating corruption in state bodies of Ukraine // States and Regions. Series: Public Administration. 2020. p. 48–51. DOI: 10.32840/1813-3401.2020.1.8.

4. Bachner, Jennifer & Ginsberg, Benjamin. Corruption in State and Municipal Government. New York, 2020. DOI: 10.4324 / 9781003031499-7.

5. Шейренов Ж.Н. Иностранное публичное должностное лицо как субъект коррупционного преступления в уголовном праве Кыргызской Республики // Право и практика. 2021. № 2.

6. Дементьев А.Н., Дементьева О.А., Бондарь В.Н. Экспертиза нормативных правовых актов в сфере реализации промышленной политики в Российской Федерации: монография / под ред. А.Н. Дементьева. М.: НОРМА, 2020. С. 46.

²¹ Об утверждении Положения об осуществлении в системе Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий проверки достоверности и полноты сведений, представляемых гражданами, претендующими на замещение должностей в организациях, созданных для выполнения задач, поставленных перед Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, при назначении на которые граждане и при замещении которых работники обязаны представлять сведения о своих доходах, об имуществе и обязательствах имущественного характера, а также сведения о доходах, об имуществе и обязательствах имущественного характера своих супруги (супруга) и несовершеннолетних детей, и работниками, замещающими эти должности: приказ МЧС России от 21 нояб. 2013 г. № 746 (в ред. от 6 июля 2020 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

УДК 343.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДСЛЕДСТВЕННОСТИ УГОЛОВНЫХ ДЕЛ О ЛЕСНЫХ ПОЖАРАХ

О.Г. Часовникова, кандидат юридических наук;

П.А. Данилова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматриваются проблемы определения подследственности при умышленном или неосторожном совершении деяний, влекущих за собой причинение вреда общественным отношениям в сфере экологии и использования лесных насаждений. Также обращается внимание на вопросы квалификации, которая имеет прямое отношение к отнесению материалов уголовного дела к определенному органу для дальнейшего расследования.

Ключевые слова: подследственность, деяние, вред, общественные отношения, экология, лесные насаждения

DETERMINATION OF THE JURISDICTION OF CRIMINAL CASES ON FOREST FIRES

O.G. Chasovnikova; P.A. Danilova.

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

The article deals with the problems of determining the jurisdiction in case of intentional or careless commission of acts entailing harm to public relations in the field of ecology and the use of forest plantations. Attention is also drawn to the issues of qualification, which is directly related to the assignment of the materials of the criminal case to a certain body for further investigation.

Keywords: investigation, act, harm, social relations, ecology, forest plantations

Со страхом можно вспоминать события 2010 г., когда огонь охватывал почти все регионы России, страдали люди, животные, окружающая среда. В результате статистика демонстрирует около 120 тыс. га сгоревших лесных насаждений. В 2021 г. в нескольких регионах страны также был введен чрезвычайный режим, обусловленный горением леса.

Большая часть преступлений в части умышленных или неосторожных действий, повлекших за собой горение лесных насаждений и причинение вреда их собственникам, совершается в восточных регионах страны, где расположено немалое количество лесов.

Последствия в виде сгоревших лесов, а так же гибели животных и загрязнения воздуха возникают не только из-за воздействия прямых раскаленных солнечных лучей в условиях жаркой погоды, в результате чего наступает засуха и начинает гореть сухая трава, сухостой. Во многих случаях виноват и человек, который своими действиями подвергает опасности окружающую среду.

В уголовном законодательстве России охране подлежат общественные отношения, реализующиеся в экологической среде, рациональном использовании лесных насаждений и их защите [1]. Эта норма обязательна для соблюдения всеми гражданами, находящимися на территории Российской Федерации, наказание за нарушение которой предусмотрено санкцией, содержащейся в ст. 261 Уголовного кодекса Российской Федерации (УК РФ). Именно к данной норме в основном будем обращаться при рассмотрении подследственности за лесные пожары.

В зарубежном законодательстве также осуществляется охрана общественных отношений в экологической среде и возникают ситуации, когда огонь из-за промышленных аварий либо иных событий может охватывать лесные насаждения, тем самым ставя вопрос о виновных лицах [2].

При выявлении факта горения леса и обращения в правоохранительные органы для установления виновного лица службам следует установить объективную и субъективную сторону. Разбор деяний по составу позволит определить признаки, которые будут квалифицировать деяние по определенной части ст. 261 УК РФ, за нарушение каждой из которых предусмотрена своя ответственность.

Соответствие преступления определенному органу для дальнейшего его расследования и принятия решений обусловлено ст. 151 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации (УПК РФ). Поэтому деяние либо квалифицировано по части первой или второй, подследственность по которым принадлежит органу дознания, либо третьей и четвертой, по которым истину будет устанавливать следствие органов внутренних дел.

Если брать во внимание первую часть ст. 261 УК РФ, то речь идет о неосторожном обращении с огнем, в результате которого были повреждены или уничтожены лесные насаждения. Истину в данном случае будут устанавливать органы дознания, которые в последующем передадут материалы в суд для вынесения приговора [3].

Тот же орган будет устанавливать виновное лицо и при обстоятельствах, когда в результате уничтожения или повреждения лесных насаждений был причинен крупный ущерб, эквивалентный 50 тыс. руб.

Необходимо отметить, что достаточно сложно найти виновное лицо по данной категории преступления, а также доказать его умышленность и неосторожность действий. На сайте Судебного департамента Российской Федерации обозначена численность приговоров суда за преступление, предусмотренное ст. 261 УК РФ (рис. 1). Цифры представлены за 2020 г. Заметно, что по первой и второй части рассматриваемой статьи преступлений совершено больше, чем по третьей и четвертой. Соответственно, органы дознания расследовали больше уголовных дел.

| Год | Показатель | Осуждено | Оправдано | Лишение свободы | Условное лишение свободы | Ограничение свободы | Штраф | Исправительные работы | Обязательные работы | Принудительные меры к невменяемым |
|------|--------------------------|----------|-----------|-----------------|--------------------------|---------------------|-------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 2020 | Статья 261 часть 1 УК РФ | 13 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 5 | 0 |
| 2020 | Статья 261 часть 2 УК РФ | 17 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 10 | 0 |
| 2020 | Статья 261 часть 3 УК РФ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2020 | Статья 261 часть 4 УК РФ | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Рис. 1

Проведем сравнительный анализ с 2019 г., статистика которого представлена на рис. 2. По предоставленным данным выявлено, что осуждено в 2019 г. больше, чем в 2020 г., но также сохраняется тенденция в пользу расследований преступления органами дознания.

| Год | Показатель | Осуждено | Оправдано | Лишение свободы | Условное лишение свободы | Ограничение свободы | Штраф | Исправительные работы | Обязательные работы | Принудительные меры к невменяемым |
|------|--------------------------|----------|-----------|-----------------|--------------------------|---------------------|-------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 2019 | Статья 261 часть 1 УК РФ | 11 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 6 | 4 |
| 2019 | Статья 261 часть 2 УК РФ | 24 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 1 | 11 | 4 |
| 2019 | Статья 261 часть 3 УК РФ | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 2019 | Статья 261 часть 4 УК РФ | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Рис. 2

Обратимся к судебной практике. Гражданин П. не проявил должной внимательности и предусмотрительности, в результате преступной небрежности бросил окурки сигареты, который не был потушен, в сухие листья [4]. Из-за этого возникло возгорание, огонь распространился до лесного насаждения и частично повредил лесные насаждения.

Поврежденные деревья находились на территории частного участка. В результате пожара пострадали 253 растущие породы. Управляющим данными насаждениями был причинен материальный ущерб на общую сумму 124 тыс. руб., что относится к крупному ущербу, ссылаясь на примечание ст. 261 УК РФ.

При назначении наказания суд учел доводы сторон, собранные доказательства и вынес приговор, согласно которому виновное лицо было осуждено по ч. 2 ст. 261 УК РФ.

Сложно выявить причастность граждан к умышленному поджогу лесных насаждений, а также собрать достаточно веских доказательств для того, чтобы привлечь виновное лицо к ответственности по более тяжелой части рассматриваемой статьи.

В мае 2021 г. в Иркутской области полиция задержала совершеннолетнего подростка, по умышленной вине которого возник пожар в лесном массиве площадью порядка 20 га.

Леса начали гореть между двумя близко расположенными селами, жители которых при обнаружении огня сообщили в экстренные службы. На место происшествия прибыл сразу и наряд полиции, который пытался установить причину пожара. На трассе они встретили молодого парня, который показался стражам порядка подозрительным и, вероятно, мог бы оказаться причастным к возникновению пожара [5].

Для выяснения обстоятельств полицейские задержали молодого человека и решили задать ему вопросы, которые могли дать информацию по выявлению преступника. Юноша пояснил, что это он сам и начал поджигать сухую траву, а затем огонь перебросился на деревья.

Мотивом своего поведения он назвал возбужденное эмоциональное состояние, которое было вызвано тем, что он не мог остановить машину, чтобы добраться до населенного пункта.

Тем не менее виновное лицо умышленно подожгло в нескольких местах траву и осознавало общественную опасность своих действий. Расследованием данного уголовного дела занимались следователи органов внутренних дел, к компетенции которых относится установление истины по умышленному уничтожению или повреждению лесных насаждений [6].

Третья часть ст. 261 УК РФ расписана как деяние, выраженное в уничтожении или повреждении лесных и иных насаждений. Также обозначены способы: поджог или иной общеопасный способ.

Детальнее способы совершения преступления рассматриваются в постановлении Пленума Верховного Суда Российской Федерации от 18 октября 2012 г. № 21 (в ред. от 30 ноября 2017 г.) «О применении судами законодательства об ответственности за нарушения в области охраны окружающей среды и природопользования».

В вопросах о подследственности следует обращать внимание на объективную сторону совершения преступления, к которой и относится способ. Из этого можно делать определенные выводы, относится деяние к умышленным или неосторожным, учитывая это при квалификации преступления.

Поджог – само по себе деяние умышленное, предусматривающее действия, которые направлены на уничтожение либо повреждение насаждений леса посредством открытого огня. Верховный суд разъясняет это как зажигание травы, разведение костров и прочие действия подобного характера [7].

Иные общеопасные способы – действия с использованием взрывчатых веществ и устройств, биологических средств и иных.

Из вышеописанного следует вывод, что подследственность по исследуемому преступлению определяется совокупностью объективных и субъективных факторов, которые позволяют произвести правильную классификацию деяний и установить виновное лицо [8].

Необходимо также обратиться к научным публикациям авторов, которые также рассматривают действия по причинению вреда лесным насаждениям.

Ступина С.А. в своей работе проводит анализ двух статей из уголовного кодекса: ч. 2 ст. 167 УК РФ и рассматриваемой авторами ст. 261 УК РФ. Обращаем внимание на то, что ч. 2 ст. 167 УК РФ по подследственности относится к следователям органов внутренних дел, что подтверждает статусное положение следственных органов и общественную опасность преступного деяния [9].

Автор приводит в пример действия виновных лиц, которые вынужденно могут поджигать лесные насаждения для сокрытия других преступлений, что также должно приниматься во внимание. Так, автор обозначает среди таковых мотивы сокрытия незаконной рубки лесных насаждений, освобождение земли для построек.

Как уже отмечалось, С.А. Ступина в своей работе ссылается на разграничение ст. 167 от ст. 261, которые могут выступать в качестве квалификации за деяния по причинению вреда лесным насаждениям, их поджогу или уничтожению.

Имеет место интересный факт, согласно которому лица, имеющие отношение к преступным деяниям по поджогу лесных насаждений, были признаны судом невменяемыми либо к ним применялись меры медицинского характера. В 2019 г. численность таких лиц достигла восьми человек [10].

Уголовное законодательство современности только частично удовлетворяет потенциал наказуемости по делам об уничтожении или повреждении лесных насаждений. Это детерминировано и недостаточной судебной и следственной практикой, помогающей раскрывать и расследовать преступления в области умышленного и неосторожного причинения вреда лесным насаждениям и его владельцам.

Ступина С.А. предлагает рассмотреть злободневные вопросы, которые возникают при квалификации и отнесении деяний к той или иной статье, которая предусматривает ответственность за поджог чужого имущества и поджог лесных насаждений.

Внимание следует уделять предмету, на который направлено преступное посягательство виновного лица. Предмет – один из важнейших элементов, на который ссылаются при квалификации преступных действий. Он входит в объективную сторону состава преступления.

Предмет преступления по ч. 2 ст. 167 УК РФ – чужое имущество, выраженное в свойствах материального блага, на которое виновное лицо осуществляет свое преступное посягательство.

Авторы же исследуют и анализируют деяния, где имеет место причинение вреда лесным насаждениям, лесу, из чего и будет исходить подследственность.

Если обращаться к ч. 2 ст. 167 УК РФ, то у предмета преступного посягательства должен быть собственник, так как бесхозная вещь не будет принадлежать к той категории, по которой будет производиться квалификация по данной статье.

Лесной кодекс Российской Федерации располагает информацией, что граждане и юридические лица могут использовать леса в установленном законом порядке, а также приобретать на них право для заготовки древесины, добычи полезных ископаемых.

Отсюда следует, что когда совершаются умышленные деяния по поджогу насаждений на участке, который находится в аренде и имеет лицо, которое им пользуется, то данное деяние будет подлежать квалификации по ч. 3 либо ч. 4 ст. 261 УК РФ в зависимости от причиненного ущерба. Если же деревья были подвергнуты вырубке, а затем часть из них подожгли, то собственником будет являться государство [11].

Если участок является арендованным и на нем был подожжен лес, но затруднительно установить факт, горел ли полный лес либо сначала он подвергся вырубке, а затем злоумышленники решили его поджечь, то в зависимости от установленных обстоятельств будет вменяться либо ч. 2 ст. 167 УК РФ как умышленное уничтожение или повреждение имущества, либо одна из частей ст. 261 УК РФ.

Зарубежные страны, в частности США, также сталкиваются с проблемами лесных пожаров и отражают это в своем законодательстве, что имеет место на сегодняшний день и подлежит изучению [12].

В целом следует сделать вывод, что при квалификации деяния следует обращать внимание на состав преступления, а в данном случае, как утверждает С.А. Ступина, на предмет преступного посягательства. Соответственно, при установлении признаков преступления и вменения статьи будет определяться орган, к подследственности которого относятся данные преступные деяния.

Таким образом, следственная и судебная практика располагает небольшим количеством примеров, когда по ст. 261 УК РФ установлено виновное лицо и ему вынесено справедливое наказание.

Среди вопросов по определению подследственности по делам о лесных пожарах следует обращать внимание на субъективные и объективные признаки преступного посягательства, в частности на способ и предмет. Это обусловит отнесение материалов дела либо к органам следствия, либо дознания, компетентным принимать решения и находить виновное лицо.

Литература

1. Особенности производства осмотра места происшествия при проверке сообщений о лесных пожарах / С.В. Унжакова [и др.] // Криминалистика: вчера, сегодня, завтра. 2020. № 3 (15). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-proizvodstva-osmotra-mesta-proisshestviya-pri-proverke-soobscheniy-o-lesnyh-pozharah> (дата обращения: 03.10.2021).

2. Mazur Robert, Porowski Rafał, Kłapsa Wojciech Tank explosions involving industrial gases – a real threat or an exaggerated fear? // Safety & Fire Technology. 2016. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tank-explosions-involving-industrial-gases-a-real-threat-or-an-exaggerated-fear> (дата обращения: 06.10.2021).

3. Бабушкин М.Ю., Немченко С.Б., Шеншин В.М. Об усилении уголовной ответственности в сфере пожарной безопасности // Правовая политика и правовая жизнь. 2021. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-usilenii-ugolovnoy-otvetstvennosti-v-sfere-pozharnoy-bezopasnosti> (дата обращения: 03.10.2021).

4. Квитко А.В. Конкуренция правовых норм при квалификации деяний, повлекших повреждение лесных насаждений // Государственная служба и кадры. 2020. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konkurenciya-pravovyh-norm-pri-kvalifikatsii-deyaniy-povlekshih-povrezhdenie-lesnyh-nasazhdeniy> (дата обращения: 03.10.2021).

5. Карпов С.Ю., Садовский В.В. Особенности первоначального этапа расследования уголовных дел, сопряженных с поджогами // Юридический вестник Самарского университета. 2020. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-pervonachalnogo-etapa-rassledovaniya-ugolovnyh-del-sopryazhennyh-s-podzhogami> (дата обращения: 03.10.2021).

6. Дубовик О.Л. Уголовное право и охрана окружающей среды: реальный потенциал и ограниченные возможности в условиях современных экологических кризисов // Юридические исследования. 2020. № 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ugolovnoe-pravo-i-ohrana-okruzhayuschey-sredy-realnyy-potentsial-i-ogranichennyye-vozmozhnosti-v-usloviyah-sovremennyh> (дата обращения: 03.10.2021).

7. Арзамасов В.Ю. Эмпирико-статистический анализ судебной практики в сфере уголовной ответственности за нарушения лесного законодательства // Вестник МГОУ. Сер.: Юриспруденция. 2020. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/empiriko-statisticheskiy-analiz-sudebnoy-praktiki-v-sfere-ugolovnoy-otvetstvennosti-za-narusheniya-lesnogo-zakonodatelstva> (дата обращения: 03.10.2021).

8. Суходолов А.П., Сорокина П.Г., Лебедева А.В. Математическая модель борьбы с лесными пожарами в Восточной Сибири (на примере Иркутской области): вычислительные

эксперименты в среде Julia // Известия БГУ. 2019. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematiceskaya-model-borby-s-lesnymi-pozharami-v-vostochnoy-sibiri-na-primere-irkutskoy-oblasti-vychislitelnye-eksperimenty-v-srede> (дата обращения: 03.10.2021).

9. Ступина С.А. Отдельные вопросы квалификации умышленного уничтожения или повреждения лесных насаждений // Эпоха науки. 2020. № 22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otdelnye-voprosy-kvalifikatsii-umyshlennogo-unichtozheniya-ili-povrezhdeniya-lesnyh-nasazhdeniy> (дата обращения: 03.10.2021).

10. Рогова Е.В., Забавко Р.А. Пробелы правового регулирования ответственности за уничтожение или повреждение чужого имущества и лесных насаждений (статья 168, части 1-2 статьи 261 Уголовного кодекса Российской Федерации) // Вестник Казанского юридического института МВД России. 2021. № 1 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/probely-pravovogo-regulirovaniya-otvetstvennosti-za-unichtozhenie-ili-povrezhdenie-chuzhogo-imuschestva-i-lesnyh-nasazhdeniy-statya> (дата обращения: 03.10.2021).

11. Овсепян Г.М., Коренюгин В.В. Методика расследования пожаров // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Юридические науки. 2020. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-rassledovaniya-pozharov> (дата обращения: 03.10.2021).

12. Grajewski Sylwester M. Long-term variability of forest fires in selected 28 European countries, Canada and the USA // Safety & Fire Technology. 2017. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/long-term-variability-of-forest-fires-in-selected-28-european-countries-canada-and-the-usa> (дата обращения: 06.10.2021).

УДК 343.9

ОСОБЕННОСТИ ТАКТИКИ ПРОИЗВОДСТВА ОТДЕЛЬНЫХ СЛЕДСТВЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ ПО УГОЛОВНЫМ ДЕЛАМ ОБ УНИЧТОЖЕНИИ ИЛИ ПОВРЕЖДЕНИИ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Н.Ю. Борзунова;

О.Н. Яхонтова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

В статье уделяется внимание такому важному и неотложному следственному действию, как осмотр места происшествия. Анализируется специфика тактики осмотра места происшествия по делам об уничтожении или повреждении лесных насаждений. Описываются новые способы и современные технологии профилактики и выявления лесных пожаров с помощью современных технических средств. Проанализированы особенности осмотра лесного пожара и информация, которая должна быть закреплена в протоколе осмотра места происшествия, приведен пример из материалов уголовного дела. Проанализирована последовательность производства последующих процессуальных действий по пожарам в лесах.

Ключевые слова: осмотр места происшествия, расследование лесных пожаров, выявления лесных пожаров, протокол осмотра места пожара, план-схема пожара, лесные насаждения, деревья, границы зоны горения, информационная подготовка

FEATURES OF TACTICS OF INDIVIDUAL INVESTIGATIVE ACTIONS IN CRIMINAL CASES OF DESTRUCTION OR DAMAGE TO FOREST PLANTATIONS

N.Yu. Borzunova; O.N. Yakhontova.

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

The article pays attention to such an important and urgent investigative action as an inspection of the scene of the accident. The specifics of the tactics of examining the scene of the incident in cases of destruction or damage to forest plantations are analyzed. New methods and modern technologies of prevention and detection of forest fires with the help of modern technical means are described. The features of the inspection of a forest fire and the information that should be fixed in the protocol of the inspection of the scene are analyzed, an example from the materials of the criminal case is given. The sequence of subsequent procedural actions on forest fires is analyzed.

Keywords: inspection of the scene, investigation of forest fires, detection of forest fires, protocol of inspection of the fire site, fire plan, forest plantations, trees, boundaries of the gorenje zone, information preparation

Представляется, что наиболее пристального внимания и разработки требуют вопросы изучения тактики осмотра места происшествия, допросов подозреваемых и свидетелей, а также назначения экспертиз по делам об уничтожении или повреждения лесных насаждений.

Вместе с тем некоторые авторы прямо указывают, что в литературе, касающейся расследования экологических преступлений, не предлагается конкретных тактических приемов осмотра места происшествия и их комбинаций. Исключение составляет осмотр места лесного пожара, тактика которого подробно описана в работе [1].

Согласно ст. 176 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации (УПК РФ) осмотр места происшествия производится в целях обнаружения следов преступления, выявления других обстоятельств, имеющих значение для уголовного дела. Выбор осмотра места происшествия как центрального звена в тактике расследования обусловлен быстрым изменением следственной ситуации, точнее самого места происшествия, и необходимостью скорейшего обнаружения и фиксации следов. Место происшествия по делам об экологических преступлениях подлежит осмотру вне зависимости от времени, через которое стало известно о совершении преступления.

Пользуясь общими рекомендациями по тактике проведения следственных действий по уголовным делам по экологическим преступлениям, выделим аспекты, специфичные для уголовных дел по уничтожению и повреждению лесных насаждений.

Осмотр лесного пожара имеет своей целью решение одного из важнейших вопросов, который касается установления очага пожара. Круг вопросов так же достаточно широк: какой механизм образования пожара, какие породы деревьев повреждены, степень повреждения, границы пожара, площадь возгорания.

В отличие от тактики расследования «общеуголовных» преступлений, специфика тактики осмотра места происшествия по делам об уничтожении или повреждении лесных насаждений включает в себя:

– информационную подготовку, сбор информации в рамках типичной следственной ситуации на первоначальном этапе;

– организационную подготовку, формирование следственно-оперативной группы, выбор и привлечение специалистов, в том числе из числа сотрудников государственного пожарного надзора, территориальных подразделений Рослесхоза, Росприроднадзора, а также органов власти субъекта федерации, уполномоченных на решение задач в области лесных отношений;

– выбор и подготовка средств доставки членов следственно-оперативной группы и криминалистической техники и оборудования. Движение к месту проведения мероприятия затруднено и может потребовать доставки криминалистической техники и оборудования с помощью специальной техники, вездеходов, авиатранспортом (вертолетом) либо пешком. В случае если пожар происходит в труднодоступной местности или еще не ликвидирован, то в практике известны случаи осмотра с помощью аэро-фотосъемки, с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), на самолете или вертолете и т.п.;

– выбор личной экипировки и выработки мер личной безопасности и ориентирования на местности. Данный пункт обусловлен спецификой самого места работы, которое может представлять достаточно удаленное место либо местность, которая находится под непосредственной угрозой распространения пожара, распространения продуктов горения, опасных для жизни и здоровья. Продолжительность процессуального действия также зачастую трудно определить заранее. Соответственно, участники следственно-оперативной группы должны иметь экипировку, позволяющую находиться в лесу достаточно время в связи с непредвиденными обстоятельствами. Кроме того, следует учитывать возможность обнаружения на месте происшествия улик, фиксация и изъятие которых представляет сложность из-за габаритов или физического и химического состояния либо изъятие которых невозможно (например, брошенная техника, следы туристического лагеря или стоянки лесозаготовителей, срезы и спилы деревьев и т.п.).

Прибыть на место лесного пожара необходимо еще во время его тушения, чтобы была возможность отметить необходимые особенности горения, наличие посторонних лиц или неизвестного автотранспорта, при раннем прибытии есть вероятность обнаружения каких-либо несгоревших важных улик. После того как пожар полностью ликвидирован, заполняется протокол осмотра места пожара, в котором необходимо четко охарактеризовать особенности пожара: выгорание пятнами, устойчивый, сплошной, верховой или низовой, подземный (например горение торфа), беглый. Подробно описывается качественное и количественное состояние поврежденной огнем лесной биомассы (деревьев, кустарников, почвопокровников). Чем полнее и подробное описание, тем впоследствии будет правильнее установлен ущерб и, соответственно, определена ответственность. Зоны, на которые более всего воздействовал огонь, необходимо подробно описать в протоколе еще и для того, чтобы определить скорость распространения пожара и его направление. Если пожар подземный, то при перегорании корней дерева могут падать, что следует описать в протоколе. При обнаружении на дереве следов воздействия удара молнии как природной стихии это так же требуется подробно описать.

Если осматривается место загрязнения, то, соответственно, требуется взятие проб грунта, биологического материала в виде растительности, спилов деревьев, листьев для обнаружения в ходе последующей экспертизы следов химических, радиоактивных веществ, вредителей, возбудителей болезней. Если обнаружен непосредственно предмет загрязнения (например, цистерна с нефтепродуктами, химикатами либо их разлив), то необходима точная фото-видеофиксация, взятие проб.

Современная наука и технологии предложили много возможностей профилактики и выявления лесных пожаров. Например, использование БПЛА, с помощью которых можно установить точные координаты возникшего пожара (GPS, ГЛОНАСС) [2, 3]. БПЛА позволяют исследовать отдаленные труднодоступные участки лесистой местности, подходы к которым связаны с риском для жизни и здоровья сотрудников, принимающих участие в расследовании либо в профилактики лесных пожаров. Полученные данные с технических средств полезны и необходимы для получения ортофотопланов и 3D-моделей местности и объектов, поврежденных пожаром [4, 5].

Осмотр места пожара должен быть последовательным и ответственным, помимо осмотра непосредственно следов воздействия огня на древесину, не нужно забывать о том, что важными могут быть и следы деятельности человека: отпечатки пальцев, обуви, остатки от приготовленной на костре еды, брошенные емкости с легковоспламеняющейся жидкостью,

следы применения различного оружия. Они могут быть приобщены в качестве вещественных доказательств к материалам уголовного дела и в дальнейшем исследованы экспертами.

В последние несколько лет достаточно часто встречаются случаи незаконной рубки деревьев. Несмотря на жесткую ответственность за данное деяние, вышеуказанные противоправные действия некоторых лиц не только наносят вред лесному хозяйству, природе из-за полного уничтожения деревьев, но так же создают огнеопасную обстановку, оставляя после себя много валежника, пней, мусора, которые могут послужить хорошим инициатором или «помощником горения». Так же, возможно, что незаконная деятельность так называемых «черных лесорубов» будет прикрыта попыткой сокрыть данное обстоятельство поджогом, поэтому при расследовании нужно обнаружить следы горючих, легковоспламеняющихся жидкостей либо масел, которые могут использоваться для разжигания костров или при совершении поджогов.

Есть необходимость отражения в протоколе осмотра места происшествия таких данных как:

- проводились ли до пожара в данном лесном массиве какие-либо профилактические мероприятия, если проводились, то какие именно (оборудование пожарных водоемов, очистка леса от валежника и различного производственного мусора или стихийных свалок, вспашка и т.п.);

- следует так же отразить, имело ли место повторное воспламенение, переход пожара на более отдаленные выделы леса, возникновение возгораний торфа и его провалов и другие особенности пожара [6].

Перечислим общую информацию, необходимую для отражения в протоколе осмотра места происшествия:

- наличие рек, ручьев, озер, болот, водоемов и их направление, течение, состояние берегов, а также торфяных залежей, просек;

- наличие дорог, подъездных путей, их состояние, направление, размеры, наличие троп;

- адрес лесного участка, установленный специалистом лесничества или самостоятельно с применением GPS-навигатора, привязка к местности;

- рельеф местности и его особенности: горизонтальный, наклонный, выпуклый, вогнутый, холмистый, плоскоравнинный, волнистый, ступенчатый, овражно-балочный, горный рельеф, гора или холм, котловина, хребет, лощина, долина, овраг, балки, ущелья, седловина, уклоны, их направление и градус, возвышенности и низины;

- маршрут следования до места происшествия, прилегающие населенные пункты, расстояние до них от места пожара, наличие противопожарных разрывов, зданий, сооружений, зимовий, линий электропередач, расстояние до них от места пожара, лесные обозначения – квартальные столбы;

- форма лесного пожара (вытянутая, овальная, круглая, прямоугольная либо неправильной формы, указать длину каждой стороны по периметру в соответствии со сторонами света);

- площадь пожара, является ли участок, пройденный огнем, лесным массивом;

- породный состав произрастающих лесных насаждений в зоне места происшествия, описание неповрежденного огнем лесного массива, участка леса, порода, высота, густота;

- тип напочвенного покрова (торфяной, мох, трава, лиственный, хвойный, смешанный), отмерший напочвенный покров (сухая трава, опавшая листва, ветки);

- наличие полей, пустырей, сенокосных лугов, перелесков, наличие опашки;

- следы нахождения техники в лесном массиве, следы грузового транспорта, сельскохозяйственной техники и иных транспортных средств, протяженность места обнаружения, отличительные характерные признаки;

- сведения о наличии лесозаготовительных участков и прилегающих земель сельскохозяйственного назначения, мест отдыха, пребывания человека;

- следы воздействия молний.

Так, например, рассмотрим материалы уголовного дела, а именно содержание протокола осмотра места пожара нескольких лесных выделов, в котором встречается вся вышеуказанная информация. По материалам расследования установлено: местом происшествия является участок лесного массива, распложенный в 23 выделе 8 квартала Горно-Кольванского лесничества Кольванского участкового лесничества, находящегося на расстоянии около 9 км в юго-восточном направлении от пос. Подхоз, Курьинского района, Алтайского края. В южном направлении от лесного массива проходит лесная дорога, с правой и левой сторон имеются следы опашки (борозда) почвы со следами обгоревшей сухой растительности. В южном направлении от лесного массива протекает река Сидоровка на расстоянии 70 м. Данный участок находится в координатах 5123.865, ЕО8232.133. На осматриваемом участке произрастают деревья породы сосна, береза, осина. При осмотре зафиксировано, что внутри лесного массива имеются повреждения лесной подстилки, а также нижней части стволов деревьев на расстоянии примерно 3–4 м от земли. Диаметр деревьев составляет от 8 см до 36 см. При осмотре данного участка установлен очаг возгорания на расстоянии около 9 км в северо-западном направлении от пос. Подхоз, Курьинского района, Алтайского края. На данном участке видны следы обгорания лесной подстилки, где также присутствует обгоревшая лесная шишка и сгустки сухой растительности.

При осмотре выделов с 1 по 8 и с 10 по 47, где объектом осмотра является участок лесного массива в квартале № 8, данный квартал полностью опашан противопожарной минерализованной полосой. На участке произрастают деревья породы сосна, осина, береза. При осмотре видно, что поврежден верхний слой лесной подстилки, в основании на нижних ветвях деревьев наблюдается обгорание коры и нижних ветвей на расстоянии около 4 м от земли. Общая площадь, пройденная пожаром в 8 квартале, в выделах с 1 по 47 составляет 158,8 га, в том числе лесные земли, покрытые лесным массивом 1 315 га, старого горельника 15,9 га, на лесные земли – дороги, просеки 0,7 га, сенокосы 10,1 га, воды 0,6 га.

Далее осмотр переносится: объектом осмотра места происшествия является участок лесного массива, расположенный в выделах № 1–7, 9–11, 19, 21, 23–36, 39–46 Горно-Кольванского лесничества, Кольванского лесничества, урочище Кольванское, расположенное на расстоянии около 9,5 км в северо-западном направлении от пос. Подхоз, Курьинского района, Алтайского края. По кромке осматриваемого участка лесного массива проложена противопожарная минерализованная полоса. На участке произрастают деревья породы сосна, осина, береза. Повреждению от огня подвергся верхний слой лесной подстилки, частично стволы деревьев на уровне примерно 4 м от земли, средний диаметр от 8 см до 36 см. Общая площадь, пройденная пожаром, составила 149,1 га, в том числе лесные земли 127,6 га, прогалины 5,7 га, старые горельники 6,7 га, нелесные земли: дороги-просеки 1,7 га, сенокосы 6,9 га, воды 0,5 га.

Далее осмотр переносится: объектом осмотра является участок лесного массива, находящийся в выделах с 1 по 47 в квартале № 2 Кольванского участкового лесничества, урочище «Кольванское». На момент осмотра видно, что внутри участка произрастают деревья породы сосна, осина, береза, на стволах деревьев наблюдаются следы от огня в виде обугливания коры и ветвей деревьев, также повреждению подвергся верхний слой подстилки, данный участок расположен на расстоянии 10 км от пос. Подхоз, Курьинского района, Алтайского края. Общая площадь, пройденная пожаром, составляет 362,0 га, в том числе лесные земли 299,6 га, старые горельники 53,9 га, нелесные земли: дороги, просеки 1,5 га, сенокосы 6,7 га, воды 0,3 га.

Далее осмотр переносится: объектом осмотра являются выдела № 1–9, 13, 14, 18–20, 24, 27, 29–34, 37–39 в квартале № 3 Кольванского участкового лесничества, урочище «Кольванское». На момент осмотра по кромке леса присутствует противопожарная минерализованная полоса, внутри лесного массива наблюдается повреждение лесной подстилки, стволов и ветвей деревьев. На данном участке произрастают деревья породы сосна, осина, береза. Данный участок располагается в северо-западном направлении от пос. Подхоз, Курьинского района, Алтайского края, на расстоянии около 10 км. Общая площадь,

пройденная пожаром, составляет 246,3 га, в том числе лесные земли, покрытые лесным массивом 234,4 га, нелесные земли: дороги, просеки 1,9 га, сенокосы 9,9 га.

Лесокадастровый квартал № 22:24:031102. Общая площадь, пройденная пожаром, составляет 1007,5 га, в том числе лесные – 966,7 га, из нее покрытые лесом – 884,5 га, нелесные – 40,8 га.

На момент осмотра пожар ликвидирован [7].

Неотъемлемой частью протокола осмотра места пожара является план-схема пожара, которая должна быть выполнена четко и представлять собой схематический рисунок, отображающий точно и полно обстановку на месте пожара, необходимо расписать стороны света, отразить ландшафт, наличие или отсутствие ветра и его направление, специальными знаками отметить растительность, зоны горения, указать их линейные параметры и дать привязку к местности.

На схеме места пожара нужно отобразить степень термических поражений в виде штриховки. Разбить область зон горения на секторы и выделить характерные признаки термических поражений растительности в каждом секторе.

Таким образом, схема осмотра должна содержать: заголовок с адресом и наименованием объекта; ориентировку по сторонам света (север-юг); масштаб (если план масштабный); четкое изображение элементов обстановки происшествия с расшифровкой их названий; размерность в одних единицах; обозначение мест, с которых производилась фотосъемка; направление и скорость ветра; подписи лиц, участвующих в осмотре и дату составления.

План-схема места происшествия является важной составляющей документирования обстановки места пожара, в данном случае она прилагается к протоколу осмотра места происшествия (лесного пожара), является важной составляющей протокола, несет дополнительную важную информацию о происшествии, которая впоследствии может помочь составить о данном пожаре целостное и верное мнение.

Следующим по значению после осмотра места происшествия является тактика допроса в случае успешного установления подозреваемого и свидетелей преступления.

При установлении личности подозреваемого нужно безотлагательно осмотреть предметы его одежды и обуви, то есть произвести личный обыск. Особое внимание необходимо обращать на следы копоты и сажи, а так же на следы ожогов на теле. Это может указывать на то, что подозреваемый мог находиться в зоне пожара.

Также на одежде и обуви, на личных вещах, коже подозреваемого могут быть остатки горючих и легковоспламеняющихся жидкостей. Могут обнаруживаться частицы грунта, растительности, микрочастицы, характерные для местности, на которой произошел пожар. Если следственная ситуация связана с загрязнением, поражением вредителями, то могут присутствовать следы химических, радиоактивных веществ, биологические материалы. Аналогичные следы могут быть обнаружены при осмотре автомобиля подозреваемого.

У туристов, рыбаков, охотников, браконьеров могут быть обнаружены карты или документы с отмеченными маршрутами, указывающие на их передвижение. Также сведения о наличии у подозреваемых зажигательных принадлежностей (спичек, зажигалок, а также сигарет, табака) в обязательном порядке заносятся в протокол.

Если подозреваемые имеют гаджеты, то они должны быть осмотрены на предмет обнаружения дополнительных сведений в мессенджерах, в социальных сетях, где могут быть соответствующие данные в виде записей, фотографий и видеофайлов с геолокацией и временем записи. Эти данные также вносятся в протокол осмотра.

Наконец, следует запросить данные о местоположении абонента в период предполагаемого времени совершения преступления.

При допросах подозреваемых и свидетелей необходимо иметь карту района или план места происшествия, на которые нанесены названия населенных пунктов, гор, рек, озер, ручьев. В этом случае допрашиваемый достаточно точно может указать маршруты своего движения и пункты остановок [8]. При допросе целесообразно предъявлять протокол осмотра гаджетов, социальных сетей.

Устранить противоречия, выяснить детальные обстоятельства, имеющие существенное значение для дела, можно посредством проведения допроса с выходом на место происшествия. Документирование подобного следственного действия целесообразно проводить с применением фото- и видеосъемки, результаты которых необходимо тщательно проанализировать.

Так, например, гражданин К. был признан виновным в совершении преступления, предусмотренного пп. «а, в» ч. 2 ст. 161 и ч. 4 ст. 261 УК РФ [9]. Фабула уголовного дела связана с грабежом, хищением домашнего животного местными маргинальными личностями в селе. Убегая от владельцев и односельчан, один из фигурантов дела решил поджечь сухую траву возле леса зажигалкой.

Материалы дела указывают на то, что основные доказательства умышленного поджога в лесу были получены в результате допроса самого обвиняемого и многочисленных свидетелей. Свидетелей целесообразно искать среди местных жителей, собственников и арендаторов близлежащих земель и участков, работников лесного хозяйства, возможных туристов, проводящих свой отпуск на данной территории.

Допрос свидетелей должен содержать вопросы, касающиеся направлений их передвижения, далее данные о маршрутах необходимо наносить на подробные карты района. Если свидетелей много, то их показания следует наносить на карту разными цветными маркерами, чтобы избежать путаницы в дальнейшем. При возможности показания свидетелей можно и нужно получать прямо на местности, чтобы иметь возможность привязки их маршрута.

Залогом результативного проведения осмотра места пожара является надлежащая информационная, организационная и техническая подготовка подразделения в целом и непосредственно перед отправлением на следственное действие. Производство осмотра места происшествия необходимо проводить своевременно и в полном объеме. Кроме этого, необходимо учитывать, что результаты последующего экспертного исследования, а также допросов подозреваемого и свидетелей во многом определяются качеством проведения следственных действий, в первую очередь осмотра места происшествия.

В настоящее время так же необходим продуманный механизм контроля и наблюдения за пожароопасными территориями в период действия особого противопожарного режима, который заключается в регистрации и контроле приближения к опасной зоне, появления и движения в зоне абонентов сотовой связи, в том числе и в ходе расследования преступлений с целью получения дополнительных доказательств и выявления дополнительных фигурантов и свидетелей.

В последнее время в Российской Федерации появляется большое количество лиц, которые арендуют лесные участки или участки земли с определенной растительностью. Данные лица помимо выгоды от такой аренды должны нести определенную ответственность, разумно и продуманно подходить к такой аренде, обязательно осуществлять мероприятия противопожарного характера, охранять от незаконного проникновения на данный участок, не сдавать данный участок в субаренду для производства на нем противозаконных действий, должно быть так называемое «ответственное арендование». На взгляд авторов, назрела необходимость ограничить сроки аренды лесных участков до 20 лет. Увеличение численности леснических хозяйств наилучшим образом повлияет на ответственное использование и охрану леса, потому что, как известно, если нет ответственного лица – нет и порядка: участки леса заполняются валежником или на них возникают стихийные свалки, что рано или поздно может привести к негативным последствиям в виде пожаров, которые могут выйти из-под контроля и нанести непоправимый и невосполнимый ущерб природе.

В настоящее время законодатель достаточно поверхностно и безответственно подошел к проблеме запрета свалок отходов на определенных участках леса, например, в лесопарковых зонах, как говорится в Федеральном законе «Об отходах производства и потребления». Лесной кодекс Российской Федерации не содержит норм, запрещающих размещение отходов производства и потребления на лесных участках, в нем только перечислено, как можно эксплуатировать отдельные виды лесов. Получается, что четкого запрета нет, значит, граждане и юридические лица получают возможность вольно трактовать

положения законодательства и пренебрегать безопасностью окружающей среды. Авторы статьи предлагают в Лесном кодексе Российской Федерации четко сформулировать запреты на нахождение, размещение отходов на конкретных участках леса.

Частных лесовладельцев необходимо обязать оставлять определенную часть леса не тронутой для дальнейшей регенерации, расчищать лесистую часть, следить за посещением леса посторонними гражданами и поддерживать пожаробезопасную обстановку в любое время года, а также ежегодно отчитываться о проделанной работе. Рубку леса сверх оговоренных лимитов считать незаконной.

Литература

1. Осипова Е.И. Теоретические и практические проблемы расследования экологических преступлений: автореф. дис. ... канд. юрид. наук. Калининград: Калинин. юрид. ин-т МВД РФ, 2005. 23 с.

2. Унжакова С.В. Особенности осмотра места происшествия при проверке сообщений о лесных пожарах // Криминалистика: вчера, сегодня, завтра. 2020. № 3 (15).

3. Борзунова Н.Ю., Саакян А.Р. Особенности проведения дознания по делам об уничтожении или повреждении лесных насаждений (статья 261 Уголовного кодекса Российской Федерации) // Право. Безопасность. Чрезвычайные ситуации. 2019. № 1 (42). С. 76–83.

4. Анойкин Р.К. Применение и анализ возможностей беспилотных летательных аппаратов по обнаружению очагов лесных пожаров // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2019. № 4. С. 72–77.

5. Татаринцов В.В., Калайдов А.Н., Муйкич Э. Применение беспилотных летательных аппаратов для получения информации о природных пожарах // Технологии техносферной безопасности. 2017. № 1 (71). С. 160–168.

6. Методические рекомендации по расследованию преступлений, предусмотренных статьей 261 УК РФ (уничтожение или повреждение лесов) // Следственное управление Прокуратуры Приморского края, Приморская межрайонной природоохранная прокуратура. 2007. URL: <http://www.0-1.ru/discuss/?id=15913> (дата обращения: 22.10.2021).

7. Из материалов уголовного дела № 12010010077000001 в отношении Банаева В.В., по обвинению в совершении преступления, предусмотренного частью 2 статьи 261 Уголовного кодекса Российской Федерации.

8. Борзунова Н.Ю., Саакян А.Р. Особенности проведения дознания по делам об уничтожении или повреждении лесных насаждений (статья 261 Уголовного кодекса Российской Федерации) // Право. Безопасность. Чрезвычайные ситуации. 2019. № 1 (42). С. 76–83.

9. Архив Емельяновского районного суда Красноярского края. Уголовное дело № 1-253/2020.



ТРУДЫ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

УДК 725.381, 629.331, 614.833.4

О ПРОБЛЕМЕ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ АВТОСТОЯНОК

Д.А. Поташев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Дана краткая характеристика подземных автостоянок и тенденций их развития. В связи с возможностью парковки газобаллонных автомобилей и автомобилей на двойном топливе (бензин-газ) обозначена проблема взрывопожарной опасности подземных автостоянок. Показана необходимость моделирования ударно-волновых процессов при взрыве в подземной автостоянке и приведен соответствующий математический аппарат. Сделан вывод о необходимости исследования воздействия факторов взрыва на конструктивные элементы и формирования предложений по обеспечению взрывобезопасности подземной автостоянки.

Ключевые слова: подземные автостоянки, газобаллонные автомобили, опасные факторы взрыва и пожара

ABOUT THE PROBLEM OF EXPLOSION AND FIRE HAZARD OF UNDERGROUND PARKING LOTS

D.A. Potashev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

A brief description of underground parking lots and their development trends is given. In connection with the possibility of parking gas-cylinder cars and cars on dual fuel (gasoline-gas), the problem of explosion and fire danger of underground parking lots is identified. The necessity of modeling shock-wave processes during an explosion in an underground parking lot is shown and the corresponding mathematical apparatus is given. It is concluded that it is necessary to study the impact of explosion factors on structural elements and to form proposals for ensuring the explosion safety of an underground parking lot.

Keywords: underground parking lots, gas-cylinder cars, explosion and fire hazards

Введение

Развитие общества на современном этапе характеризуется, с одной стороны, появлением все большего количества автомобилей (как правило, с двигателями внутреннего сгорания (ДВС), а с другой – интенсивной урбанизацией. Это приводит к необходимости оборудования автостоянок¹ в городах [1]. Ввиду высокой плотности застройки городов

¹ Согласно постановлению Правительства РФ от 17 нояб. 2001 г. № 795 «Об утверждении правил оказания услуг автостоянок» (с изм.), п. 2: «Автостоянка – здание, сооружение (часть здания, сооружения) или специальная открытая площадка, предназначенная для хранения автотранспортных средств». Согласно Градостроительному кодексу Рос. Федерации от 29 дек. 2004 г. № 190-ФЗ (в ред. от 1 сент. 2021 г.), ст. 1 п. 21: «Парковка (парковочное место) – специально обозначенное и при необходимости обустроенное и оборудованное место, являющееся, в том числе частью автомобильной дороги и (или)

и большой стоимости единицы их площади широкое распространение получили подземные автостоянки (паркинги) [2, 3]. Многоуровневые подземные паркинги [4] подразделяются на рамповые (рис. 1 а)², которые предполагают наличие людей (водители, пассажиры), и автоматизированные (рис. 1 б), для которых характерна большая плотность автомобилей (они доставляются на парковочные места лифтами, а потом с парковочных мест доставляются водителям также лифтами) и практически полное отсутствие людей.



Рис. 1. Примеры подземных автостоянок: а – классическая рамповая; б – автоматизированная цилиндрическая лифтовая карусельного типа

Одной из проблем для подземных автостоянок является пожароопасность автомобилей [5]. В этой связи различными авторами был проведен цикл исследований: в работе [6] рассмотрены особенности распространения опасных факторов пожара (ОФП) при возгорании автомобилей в подземных автостоянках, в работе [7] – особенности тушения пожара с учетом требований нормативных документов [8, 9] и положений пожарной тактики [10, 11], в работе [12] – вопросы эвакуации людей из подземных автостоянок при пожаре.

Эта проблема усугубляется все большим распространением газобаллонных автомобилей (ГБА) [13], число которых в нашей стране более миллиона и имеет тенденцию к росту. В этой связи целью статьи является рассмотрение вопросов, связанных с проблемой взрывопожароопасности подземных автостоянок и предложений по снижению такой опасности.

Взрывопожароопасность газобаллонных автомобилей

В качестве моторного топлива газ стал использоваться еще с XIX в. – это и газогенераторные автомобили, и ГБА, и автомобили на комбинированном топливе, где газ применяется наряду с бензином [5]. В нашей стране ГБА получили распространение с 1930-х гг.

Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации ГБА и автомобилей на комбинированном топливе показал, что они подвержены риску взрывов (рис. 2) и пожаров (рис. 3). Из статистики известно, что наиболее часто взрывы и пожары класса С [9] происходят при ДТП, хотя известны случаи взрывов при заправке, при запуске двигателя, при переключении вида топлива и др. При горении автомобиля на комбинированном топливе возможен также пожар класса В [9].

примыкающее к проезжей части и (или) тротуару, обочине, эстакаде или мосту, либо являющееся частью подэстакадных или подмостовых пространств, площадей или иных объектов улично-дорожной сети и предназначенное для организованной стоянки транспортных средств...».

² фото здесь и далее из открытого доступа в интернете.

Если особенности пожаров автомобилей и их тушения достаточно хорошо исследованы [10, 11], то взрывам ГБА и автомобилей на комбинированном топливе следует уделить особое внимание. При взрыве баллона ГБА (рис. 2) при отсутствии возгорания основным поражающим фактором является воздушная ударная волна (ВУВ), а в ряде случаев и разлет осколков. Параметры ВУВ при взрывах на открытых площадках могут быть определены в соответствии с работами (рис. 3) [14, 15]. Избыточное давление Δp во фронте ВУВ при взрыве (в том числе газового баллона) оказывает опасное воздействие как на человека (табл. 1 [16–18]), так и на сооружения, и автомобили [19] – табл. 2.



Рис. 2. Взрывы автомобильных газовых баллонов: а – под кузовом; б – в багажнике



Рис. 3. Взрывы и пожары ГБА: а – на открытой стоянке; б – в гараже

Таблица 1. Степень поражения человека избыточным давлением Δp во фронте ВУВ (по данным [16–18])

| Степень тяжести | Δp , кПа | Последствия |
|-----------------|------------------|--|
| Легкая | 20–40 | Легкая общая контузия, временная потеря слуха, ушибы, ссадины, вывихи |
| Средняя | 40–60 | Повреждения органов слуха, ушные и носовые кровотечения, вывихи и закрытые переломы |
| Тяжелая | 60–100 | Сильная контузия всего организма, разрывы тканей, открытые переломы, повреждения внутренних органов |
| Крайне тяжелая | 100–150 | Крайне тяжелая контузия, травматическая ампутация конечностей, высокая вероятность смертельного исхода |
| Летальная | >150 | Смертельный исход |

Таблица 2. Воздействие ВУВ на здания и автомобили

| Объекты | Степень повреждения | | |
|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | слабая | средняя | сильная |
| Здания с железобетонными перекрытиями | 20–30 | 30–40 | 40–50 |
| Легковые автомобили | 15–20 | 20–30 | 30–50 |
| Примечания | Требуется мелкий ремонт | Требуется капитальный ремонт | Невосстанавливаемые повреждения |

Взрыв с возгоранием баллона в ГБА и автомобиле на комбинированном топливе [13] возможен как по внутренним причинам (например, короткое замыкание в электрооборудовании), так и по внешним, например, горение соседнего автомобиля. При этом помимо ВУВ возникает огненный шар с импульсным выделением большой тепловой мощности излучением. В работе [16] приведены эмпирические выражения для оценки радиуса R огненного шара, времени его существования t_T и теплового импульса I_T – соответственно:

$$R = 2,75 \sqrt[3]{m}; \quad (1)$$

$$t_T = 0,38 \sqrt[3]{m}; \quad (2)$$

$$I_T = 0,8 \cdot 10^4 k_o \left(\frac{\sqrt[3]{m}}{L} \right)^2, \quad (3)$$

где m – масса углеводородного газа, кг; k_o – коэффициент ослабления излучения атмосферой ($\approx 0,35$); L – расстояние, м.

Например, если у ГБА на подземной автостоянке при пожаре взорвался баллон с пропаном массой $m=8$ кг, то согласно (1, 2) может возникнуть огненный шар радиусом $R \approx 5,5$ м, который в течение $t_T \approx 0,76$ с согласно (3) на расстоянии $L=10$ м излучит опасный тепловой импульс:

$$I_T = 0,8 \cdot 10^4 \cdot 0,35 \left(\frac{\sqrt[3]{8}}{10} \right)^2 \approx 112 \text{ кВт/м}^2,$$

способный вызвать у человека ожог II степени (табл. 3). Конечно, это предельная оценка, так как конструкция автомобиля в зависимости от нахождения баллона может затруднять образование полноценного огненного шара. А ввиду наличия перекрытия «огненный шар» может деформироваться до припотолочной области с большим радиусом, в связи с чем повышается и величина теплового импульса I_T .

Таблица 3. Характер теплового поражения человека (по данным [19])

| Степень ожога | Тепловой импульс I_T , кДж/м ² | Характер поражения |
|---------------|---|---|
| I | 80–100 | Покраснение и опухлость кожи. Лечение не требуется |
| II | 160–400 | Образование на коже пузырей, наполненных жидкостью, потеря трудоспособности. Необходимо лечение |
| III | 400–600 | Полное разрушение кожного покрова, образование язв. Требуется длительное лечение |
| IV | >600 | Омертвление подкожной клетчатки, мышц и костей, обугливание. Возможен смертельный исход |

Особенности взрывов и пожаров в подземных автостоянках

В замкнутых объемах, которыми являются подземные автостоянки, опасные факторы взрывов и пожаров становятся еще более разрушительными ввиду ограниченной возможности рассеяния выделившейся энергии при горении и взрыве газового баллона. Например, ударные волны могут распространяться в стороны, почти не ослабевая и многократно отражаясь от перекрытий, стен и препятствий. В результате, избыточное давление ВУВ приобретает импульсно-периодический характер, и возможно возникновение временного разрежения вблизи эпицентра.

Помимо поражающего воздействия на людей (табл. 1) и соседние автомобили такие ударно-волновые процессы несут угрозу обрушения перекрытий (табл. 2) подземной автостоянки с возможными катастрофическими последствиями. Опасность еще более возрастает при воспламенении газозадушной смеси, что приводит к термобарическому воздействию на конструктивные элементы автостоянки (знакопеременное нагружение перекрытий), а также на автомобили и людей с риском опасного метательного эффекта [19]. Следует ожидать выхода из строя систем противопожарной защиты (СППЗ) – спринклерных и дренчерных автоматических установок пожаротушения (АУП) [20], системы дымоудаления (СДУ) [21] и внутреннего противопожарного водопровода (ВППВ) [22].

Ввиду сложности экспериментального исследования взрывных процессов в подземных автостоянках (рис. 1 а) для исследования ударно-волновых процессов на начальном этапе могут применяться методы математического моделирования. При этом круговое распространение ударной и тепловой волн в полуограниченном объеме может быть описано квазилинейной моделью [23, 24] сохранения массы, количества движения, энергии и уравнения состояния газа (в предположении, что газ идеальный, трение и теплообмен незначительны, система координат цилиндрическая):

$$\frac{\partial x\rho}{\partial t} + \frac{\partial x\rho u}{\partial x} = 0; \quad (4)$$

$$\frac{\partial x\rho u}{\partial t} + \frac{\partial [x(p + \rho u^2)]}{\partial x} = p; \quad (5)$$

$$\frac{\partial x\rho e}{\partial t} + \frac{\partial x\rho u(p + \rho e)}{\partial x} = 0; \quad (6)$$

$$p = (k - 1)\rho(e - 0,5u^2), \quad (7)$$

где x – координата, отсчитываемая от эпицентра, м; t – текущее время, с; ρ – плотность газа, кг/м³; u – скорость, м/с; p – давление, Па; k – показатель адиабаты; e – удельная энергия, Дж/кг (произведение изохорной теплоемкости газа на его температуру).

Решение уравнений (4–7) при заданных начальных и граничных условиях возможно только численными методами [24], в результате чего можно определить динамику параметров газа в объеме подземной автостоянки в виде функций $p(x,t)$, $u(x,t)$, $T(x,t)$ и оценить тем самым опасность воздействия ВУВ и повышенной температуры на людей, автомобили и конструктивные элементы автостоянки. При этом возникает риск обрушения перекрытий со всеми опасными последствиями, что особенно опасно, если такие автостоянки расположены под зданиями [2].

Ввиду сложных планировок подземных автостоянок, особенно автоматизированных (рис. 1 б), для моделирования взрывных процессов в них целесообразно привлекать мощные компьютерные программы, например, ANSYS LS-DYNA [25].

Предварительные оценки свидетельствуют о том, что, если при прохождении ВУВ по каналу избыточное давление Δp во фронте ВУВ практически не ослабевает (при отсутствии специальных преград) [26], а величина Δp при взрыве на открытой местности убывает по квазиквадратичному закону от расстояния, то в случае подземной автостоянки (рис. 1 а) следует ожидать квазилинейного убывания величины Δp от эпицентра. Необходимо учитывать и отражение ВУВ от преград. Ввиду ограниченности пространства этажа автостоянки (рис. 1 а) и его частичной замкнутости также следует ожидать, что уровни повреждающего воздействия взрыва будут, как минимум, в полтора раза больше, чем для открытых автостоянок.

В автоматизированных паркингах (рис. 1 б) ситуация с развитием пожара и взрывов может носить непредсказуемый и исключительно опасный характер, усугубляемый наличием центрального лифтового колодца. Рассмотрение этой ситуации требует отдельного исследования.

В заключение нужно отметить, что данный материал докладывался в качестве апробации в Институте проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук на ежегодной Международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы–2021» (10 ноября 2021 г.).

Рекомендации

С учетом вышеизложенного, одним из эффективных способов обеспечения взрывопожаробезопасности подземных и закрытых автостоянок может быть полный запрет въезда и нахождения там ГБА (в том числе на водороде) и автомобилей на комбинированном топливе типа бензин-газ [5]. Это может быть осуществлено за счет тщательного въездного контроля с учетом того, что легковые автомобили на комбинированном топливе и ГБА внешне мало отличимы от автомобилей на бензиновом или дизельном топливе [5]. Задача въездного контроля должна быть возложена на администрацию подземной автостоянки и ее дежурную службу.

В качестве мер взрывозащиты может быть предложено:

- а) оборудование подземной автостоянки датчиками загазованности газовым топливом;
- б) создание водяных завес включением АУП [20] после получения сигнала о загазованности или возгорании;
- в) оборудование подземной автостоянки прозрачными лентовыми завесами, не препятствующими проезду автомобилей, но гасящими энергию ВУВ и предотвращающими разлет осколков.

В случае возгорания и взрыва ГБА в подземной рамповой автостоянке (рис. 1 а) прибывшим пожарным подразделениям, прежде всего, необходимо провести разведку, организовать аварийно-спасательные работы (АСР) [8] и оказать первичную медицинскую помощь пострадавшим. При этом следует учитывать: а) выход из строя СППЗ – АУП [20], СДУ [21] и ВППВ [22]; б) риск дальнейшего обрушения перекрытий; в) риск распространения пламени на вышележащие этажи и здание, если автостоянка встроенная [2]. Следует учитывать и возможный комбинированный характер пожара классов С+В [9].

Тушение пожара в подземной автоматизированной автостоянке (рис. 1 б) может оказаться крайне опасным для пожарных в случае их проникновения внутрь. Учитывая отсутствия там людей, представляется целесообразным заполнить объем инертным газом, а АСР проводить после остывания.

Все эти мероприятия необходимо учесть в плане тушения пожара (ПТП) [27] на автостоянке, где учесть: нормативное количество автомобилей; пределы огнестойкости конструкций и их запасы прочности; количество уровней; число людей для наиболее напряженного периода работы; вид СППЗ; наличие ближайшей пожарной части, время прибытия первых подразделений и их задачи; предполагаемый ранг пожара; привлечение медиков, полиции и др. В случае встроенной автостоянки – особенности здания. В качестве важных рекомендаций ПТП – проведение деловых игр и учений.

Выводы

Таким образом, в работе рассмотрены основные особенности подземных автостоянок. Показана опасность пожаров и взрывов ГБА и автомобилей на комбинированном топливе (бензин-газ), а также что параметры силовых и тепловых нагрузок многократно возрастают в замкнутых объемах, характерных для подземных автостоянок.

Показана необходимость моделирования ударно-волновых процессов при взрыве в подземных автостоянках и оценки уровней силовых и тепловых нагрузок, воздействующих на людей, автомобили и конструктивные элементы. Отмечено, что существует риск обрушения перекрытий многоуровневых подземных автостоянок, что особенно опасно, если такие автостоянки расположены под зданиями различных классов функциональной пожарной опасности [9]. Даны рекомендации по повышению взрывопожаробезопасности подземных автостоянок, в том числе должностным лицам пожарной охраны.

В дальнейшем представляется необходимым рассмотреть вопросы численного моделирования взрывов ГБА в подземных автостоянках, их противовзрывной защиты, тактики тушения пожаров, проведения АСР и эвакуации (спасения) людей.

Лично автором – Д.А. Поташевым получены следующие новые результаты:

а) проанализированы особенности подземных автостоянок (в развитие предыдущих публикаций);

б) оценены особенности взрывов (в том числе при горении) газовых автомобильных баллонов в подземных автостоянках;

в) сформулированы методы взрывозащиты применительно к подземным автостоянкам с учетом нахождения в них ГБА и автомобилей на комбинированном топливе;

б) даны научно обоснованные рекомендации администрации подземных автостоянок и должностным лицам пожарной охраны при возникновении там пожаров и взрывов;

г) предложен способ безопасного тушения пожара автоматизированной автостоянки.

Литература

1. СП 113.13330.2016. Стоянки автомобилей. Актуализированная редакция СНиП 21-02-99* // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 17.09.2021).

2. СП 154.13130.2013. Встроенные подземные автостоянки. Требования пожарной безопасности // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 17.09.2021).

3. Lammermarkt Parking Garage. URL: <https://www.jhk.nl/NL/13883-lammermarkt.html> (дата обращения: 06.09.2021).

4. Дмитрий Бойцов. Подземные паркинги. Опыт проектирования в Санкт-Петербурге. URL: <https://undergroundexpert.info/issledovaniya-i-tehnologii/nauchnye-stati/podzemnye-parkingi-opyt-proektirovaniya-v-sankt-peterburge/> (дата обращения: 10.09.2021).

5. Таранцев А.А., Поташев Д.А., Сытдыков М.Р. О пожароопасности некоторых типов автомобилей // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2021. № 1. С. 1–8.

6. Поташев Д.А., Таранцев А.А., Шидловский Г.Л. Особенности распространения опасных факторов пожара в подземных стоянках автомобилей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 1 (53). С. 43–52.

7. Поташев Д.А., Таранцев А.А., Шидловский Г.Л. Особенности развития пожаров автомобилей в подземных автостоянках и их тушение // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 1 (57). С. 108–115.

8. Об утверждении боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ: приказ МЧС России от 16 окт. 2017 г. № 444. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

9. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (с изм.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
10. Кимстач И.Ф., Девлишев И.П., Евтюшкин Н.М. Пожарная тактика: учеб. пособие для пожарно-технических училищ и начальствующего состава пожарной охраны. М.: Стройздат, 1984. 595 с.
11. Повзик Я.С. Пожарная тактика: учеб. пособие. М.: Стройиздат, 1984. 384 с.
12. Фомин А.В., Чередниченко С.Н. Эвакуация людей из подземных автостоянок с учетом специфики данных объектов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2013. № 2. С. 58–64.
13. Пожарная опасность газобаллонных автомобилей / Г.В. Васюков [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2005. № 1. С. 33–37.
14. РБ Г-05-039–96. Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия. Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности. М., 2000.
15. ГОСТ 12.1.010–76. Взрывобезопасность. Общие требования // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 17.09.2021).
16. Козлитин А.М., Яковлев Б.Н. Чрезвычайные ситуации техногенного характера. Прогнозирование и оценка. Детерминированные методы количественной оценки опасностей техносферы: учеб. пособие / под ред. А.И. Попова. Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2000. 124 с.
17. Защита в чрезвычайных ситуациях: учеб.-метод. пособие / Т.В. Наумова [и др.]. М.: ИД Академии Жуковского, 2018. 28 с.
18. Расчет параметров взрывов конденсированных взрывчатых веществ: методические указания к проведению лабораторной работы / сост. И.О. Кирильчук, А.В. Гнездилова. Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2017. 13 с.
19. Верещагин П.В. Поражающее действие боеприпасов: метод. рекомендации. Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2019. 37 с.
20. СП 485.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (утв. приказом МЧС России от 31 авг. 2020 г. № 628) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 17.09.2021).
21. СП 7.13130.2013. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 17.09.2021).
22. СП 10.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования (утв. приказом МЧС России от 27 июля 2020 г. № 559) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 17.09.2021).
23. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учеб. для вузов. 7-е изд., испр. М.: Дрофа, 2003. 840 с.
24. Рождественский Б.Л., Яненко Н.Н. Системы квазилинейных уравнений и их приложения к газовой динамике. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1978. 687 с.
25. URL: https://www.youtube.com/watch?v=cQjy2YFQ7JU&ab_channel=SVSFEM (дата обращения: 02.09.2021).
26. Гурин А.А. Управление ударными воздушными волнами при взрывных работах. М.: Недра, 1978. 81 с.
27. Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах: приказ МЧС России от 25 окт. 2017 г. № 467 (в ред. от 28 февр. 2020 г.) (зарег. в Минюсте России 9 февр. 2018 г. № 49998) // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 17.09.2021).

УДК 614.841.13

ЗАВИСИМОСТИ СОСТАВА И СВОЙСТВ ЭКСТРАКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ КОПОТИ ОТ РЕЖИМА ГОРЕНИЯ И ПРИРОДЫ ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКИ, ХАРАКТЕРНОЙ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

А.Ю. Медведев.

Уральский институт ГПС МЧС России

Проведено экспериментальное изучение количества и состава экстрактивных битуминозных компонентов, полученное при сгорании различных материалов в различных режимах. Получены регрессионные зависимости содержания битумоидов в образцах копоти от температуры поверхности горевшего материала. С увеличением температуры снижается выход битуминозных компонентов в составе копоти. В то же время битумоиды копоти относительно обогащаются смолисто-асфальтовыми компонентами. Изучены битумоиды экстрактов копоти методами молекулярной люминесценции и газожидкостной хроматографии. Применение данных методов позволяет устанавливать наличие в составе копоти компонентов нефтепродуктов, а также диагностировать тип нефтепродукта.

Ключевые слова: копоть, нефтепродукты, битуминология, молекулярная люминесценция, газожидкостная хроматография, криминалистическая диагностика

DEPENDENCE OF COMPOSITION AND PROPERTIES OF EXTRACTIVE COMPONENTS OF SOOT ON COMBUSTION MODE AND NATURE OF FIRE LOAD CHARACTERISTIC OF OIL AND GAS COMPLEX FACILITIES

A.Yu. Medvedev. Ural institute of State fire service of EMERCOM of Russia

The work carried out an experimental study of the amount and composition of extractive bituminous components obtained during the combustion of various materials in various modes. Regression dependencies of bitumen content in soot samples on surface temperature of burning material are obtained. As the temperature increases, the yield of bituminous components in the soot composition decreases. At the same time, soot bitumoids are relatively enriched with resinous-asphalt components. Bitumoids of soot extracts were studied by molecular luminescence and gas-liquid chromatography. The use of these methods makes it possible to establish the presence of components of petroleum products in the soot composition, as well as to diagnose the type of petroleum product.

Keywords: soot, petroleum products, bituminology, molecular luminescence, gas-liquid chromatography, forensic diagnostics

Введение

Копотью принято называть разнообразные по морфологии и субстанциональному составу сажевые частицы дыма, осевшие на какую-либо поверхность. Копоть, как и сажа, содержит твердые частицы, представляющие собой аморфный углерод, а также жидкие битуминозные компоненты. Помимо этого, в копоти, в силу ее высокой сорбционной активности, содержатся газообразные и легколетучие компоненты, сорбированные из дыма в процессе образования сажи. Сорбция летучих компонентов нефтепродуктов обуславливает их наличие в составе отложений копоти. Изучение битуминозных компонентов копоти дает

важную информацию как о составе горючего материала, так и об условиях горения или термического разложения. В частности, по составу битуминозных компонентов копоти можно судить о наличии в горючей нагрузке нефтепродуктов. Такие ситуации могут складываться при авариях на объектах нефтегазовой отрасли либо при применении нефтепродуктов в качестве иницирующих веществ при поджогах. В работе изучены битуминозные компоненты копоти, образованной при сгорании древесины, резины, хлопковой ваты, пенорезины, поливинилхлорида и осаждаемой на холодные стеклянные пластины. Указанные материалы, с одной стороны, являются весьма распространенными материалами, встречающимися на местах пожаров, с другой стороны, они представляют собой одни из наиболее сложных для изучения материалов, на которых могут быть обнаружены занесенные извне горючие жидкости [1]. В связи с решением последней задачи была изучена копоть, получаемая при сгорании тех же материалов в присутствии автомобильного бензина АИ-92. Выбор бензина обусловлен его наиболее частым использованием в качестве вещества, применяемого поджигателями при совершении поджогов.

Методы исследования

Изучение битуминозных компонентов копоти заключалось в определении количественного содержания экстрагируемых органических соединений в образцах копоти, полученной от сгорания различных материалов. Согласно классической битуминологии экстракты, содержащие растворимые в органических растворителях компоненты, принято называть битумоидами, с обязательным указанием вида экстрагента растворителя, например, хлороформенный битумоид, гексановый битумоид и т.д. [2]. В работе пробоподготовка образцов для битуминологического анализа состояла в экстрагировании органических компонентов копоти хлороформом при комнатной температуре.

Количественная оценка группового состава битуминозных компонентов копоти была проведена методом жидкостной градиентно-вытеснительной хроматографии, принятым в классической битуминологии [3]. Экстрагируемые хлороформом органические вещества – битумоиды разделялись на колонках с силикагелем на пять аналитических групп в соответствии со структурными особенностями входящих в них компонентов. Первые три группы составляли насыщенные, моноциклические и полициклические ароматические углеводороды. После этого выделялись группа смолистых и группа асфальтеновых компонентов.

Групповой состав ароматических углеводородов и смолисто-асфальтеновых компонентов исследован методом молекулярной люминесценции. За счет низкого предела обнаружения данный метод позволяет исследовать групповой состав битуминозных компонентов, содержащихся в образцах в очень низких концентрациях. Спектры люминесценции были получены на спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама», в режиме синхронного сканирования в диапазоне длин волн возбуждения 240–470 нм при смещении длин волн регистрации люминесценции на 30 нм. Выбранный режим съемки спектров люминесценции позволяет наиболее продуктивно использовать возможности молекулярной люминесценции [4].

Диагностическими признаками группового состава люминесцирующих компонентов битумоидов являются положение длин волн максимумов люминесценции и интенсивность отдельных максимумов, выражаемая площадью максимума. Обработка спектров люминесценции заключалась в определении площадей максимумов люминесценции. Для этого спектры люминесценции были разложены на единичные максимумы с применением функции Лоренца. Ранее было установлено, что функция Лоренца наиболее адекватно позволяет выделять индивидуальные максимумы в сложных взаимно перекрывающихся спектрах [5]. Площадь каждого индивидуального спектрального максимума в преобразовании Лоренца равна:

$$A = \frac{H \cdot \pi \cdot \omega}{2},$$

где A – площадь спектрального максимума, мА·нм; H – высота спектрального максимума, мА; ω – полуширина спектрального максимума, нм.

Газохроматографическое исследование экстрактов копоти проводилось на газовом хроматографе Кристалл 5000.1 с программным обеспечением ХРОМАТЭК аналитик 2,5 с пламенно-ионизационным детектором в режиме линейного программирования температуры колонки от 40 до 320 °С со скоростью подъема 4 градуса в минуту.

Результаты и обсуждение

Получены регрессионные зависимости количественного содержания хлороформенного битумоида в образцах копоти, образованной при сгорании различных материалов, от температуры поверхности горевшего материала. На рис. 1 показан пример такой зависимости для образцов сосновой древесины. Получены аналогичные зависимости для образцов автомобильной резины, хлопковой ваты, пенорезины, поливинлхорида.

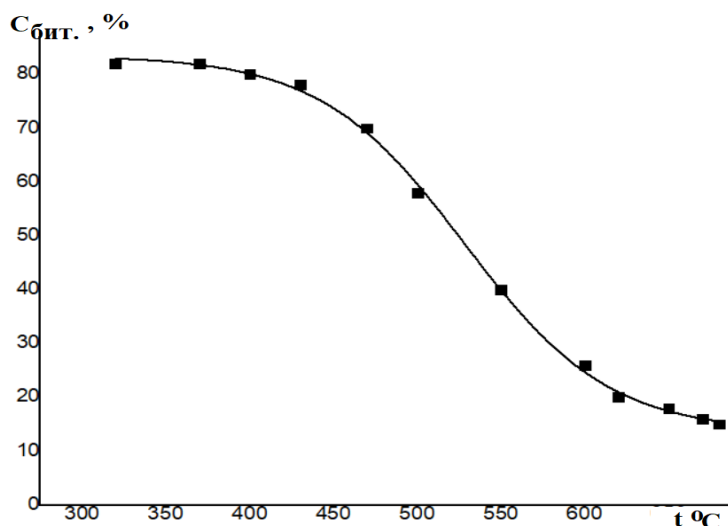


Рис. 1. Регрессионная зависимость содержания битуминозных компонентов в составе копоти от температуры поверхности древесины при термоокислительном процессе

Все полученные зависимости описываются сигмоидальной функцией Больцмана. Функция Больцмана относится к критическим функциям, характеризующимися наличием критической зоны, в которой на относительно небольшом участке изменения аргумента (температуры на поверхности горевшего материала) значение функции изменяется весьма существенно. При этом функции являются убывающими, то есть с увеличением температуры снижается выход битуминозных компонентов.

Для древесины при достоверности аппроксимации 0,99:

$$C_{\text{бит}} = 13,5 + \frac{83,5 - 13,5}{1 + \exp\left(\frac{t - 528}{43}\right)}$$

Критическая точка перегиба функции находится при значениях: $t = 528$ °С; $C_{\text{бит}} = 48,5$ %.

Результаты анализа группового состава битумоидов позволяют сделать вывод о снижении в составе битуминозных компонентов копоти суммарной концентрации углеводородов и смолисто-асфальтеновых компонентов по мере роста температуры (рис. 2).

Для древесины зависимость отношения углеводов к смолисто-асфальтовым компонентам в составе битуминозной части копоти имеет вид:

$$C_{УВ}/C_{см-ас} = 0,006t + 4,8$$

при достоверности аппроксимации $R^2 = 0,96$.

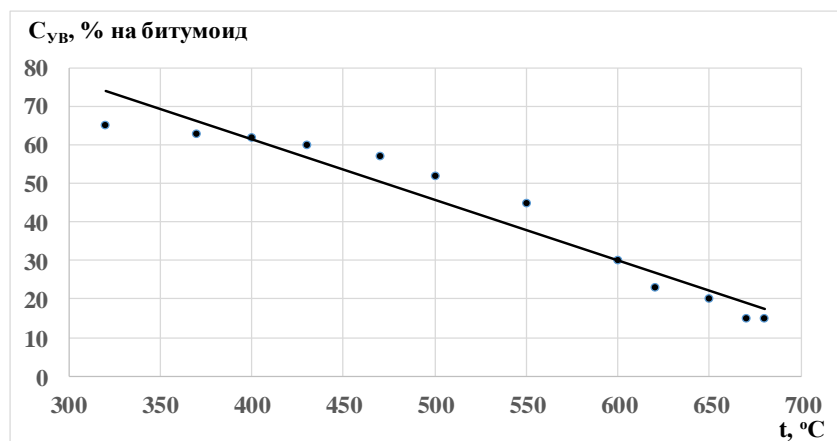


Рис. 2. Регрессионная зависимость содержания углеводов в битумоиде копоти от температуры поверхности горения древесины

Сравнение спектров люминесценции экстрактивных компонентов копоти, полученной при сгорании древесины и резины, приводимых на рис. 3, показывает, что люминесцирующие компоненты экстракта копоти, полученной при сгорании резины, имеют более сложный состав, чем образец, полученный при сгорании древесины.

В спектре экстракта копоти, полученной при сгорании древесины (рис. 3) имеется более ограниченный набор максимумов люминесценции в указанном диапазоне длин волн. Их наличие может быть связано со смолистыми компонентами, входящими в состав сосновой древесины. Максимумы люминесценции в спектрах экстрактов копоти в диапазоне длин волн менее 360 нм обусловлены люминесценцией моноароматических соединений (МАС), входящих в состав продуктов пиролиза горючих материалов. Отнесение максимумов люминесценции при длинах волн менее 360 нм к моноароматическим структурам проводится многими исследователями [4, 6–10].

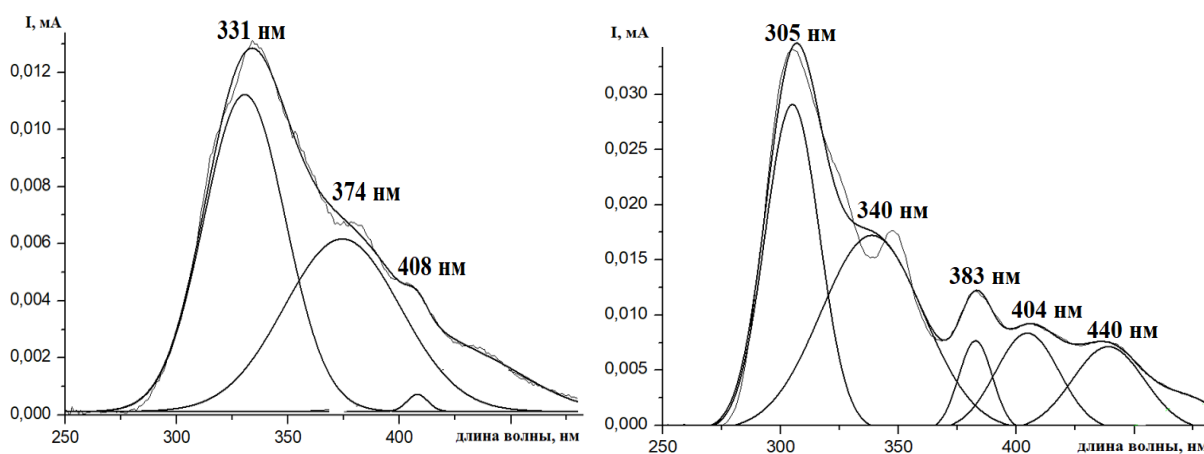


Рис. 3. Выделение единичных максимумов в спектрах люминесценции экстрактивных компонентов копоти, полученной при сгорании древесины и резины, соответственно

В спектре экстракта копоти от сгорания резины имеется набор максимумов люминесценции в диапазоне от 360 до 480 нм, характерный для товарных нефтепродуктов. Это обусловлено наличием в составе резины различных продуктов нефтепереработки: масел, мазута, битума, гудрона, петролатума, а также схожих с ними по составу продуктов переработки каменного угля, вводимых в состав резиновых смесей в качестве пластификаторов и мягчителей [11]. Для сравнения на рис. 4 приводится вид спектра люминесценции автомобильного бензина АИ-95G, который в диапазоне 360–480 нм имеет набор максимумов, соответствующих полиароматическим соединениям (ПАС).

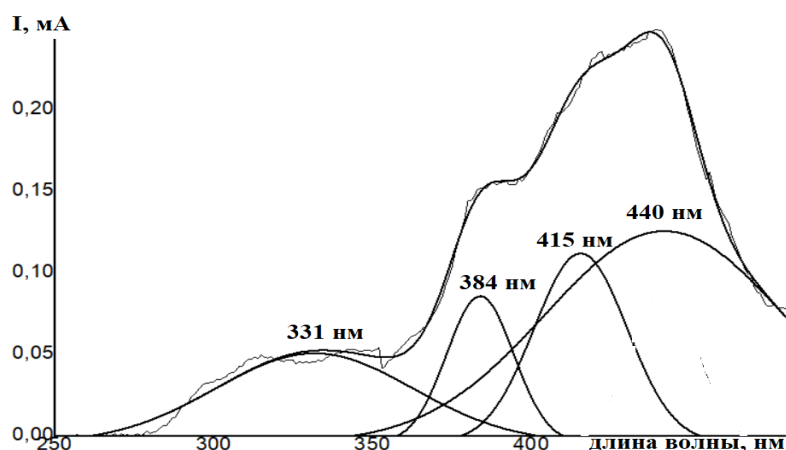


Рис. 4. Выделение единичных максимумов в спектре люминесценции экстрактивных компонентов копоти, полученной при сгорании бензина АИ-95G

В связи с указанной практикой диагностики группового состава битумоидов по спектрам люминесценции предложено в качестве показателя наличия в них следов светлых нефтепродуктов пользоваться отношением суммарной интенсивностью максимумов люминесценции в диапазоне от 240 до 360 нм к суммарной интенсивности максимумов люминесценции в диапазоне от 360 до 480 нм:

$$K_{\text{МАС/ПАС}} = \frac{\sum A_{240-360}}{\sum A_{360-480}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{МАС/ПАС}}$ — отношение суммарной интенсивности максимумов люминесценции моноароматических структур к суммарной интенсивности максимумов люминесценции полициклических ароматическим структур; $\sum A$ — суммарная интенсивность максимумов люминесценции в указанном интервале длин волн, мА·нм.

В частности, в спектре экстракта копоти от сгорания древесины указанный коэффициент равен 1,27, в экстракте копоти от сгорания резины — 2,47. В экстракте копоти, полученной при сгорании бензина АИ-95G соотношение интенсивностей спектральных максимумов в диапазоне 240–360 нм к суммарной интенсивности максимумов люминесценции в диапазоне 360–480 нм составляет величину 0,23.

Спектры люминесценции экстрактов копоти, полученной при сгорании различных материалов в присутствии бензина АИ-95G, приведены на рис. 5. В спектре люминесценции экстракта копоти, полученной от сгорания резины с бензином АИ-92 $K_{\text{МАС/ПАС}} = 0,42$.

В спектре экстракта копоти, полученной от сгорания резины с бензином АИ-92G, компоненты с люминесценцией в диапазоне 240–360 нм не выявляются. Здесь полностью доминируют компоненты, связанные с горением бензина. Таким образом, предложенный

коэффициент служит надежным диагностическим критерием наличия в копоти следов горения бензина. Более детальное изучение полученных спектров люминесценции позволяет диагностировать вид исходного горючего материала. В частности, в спектре экстракта копоти от сгорания древесины имеется очень интенсивный максимум вблизи длины волны 270 нм, отсутствующий в спектре экстрактов копоти резины.

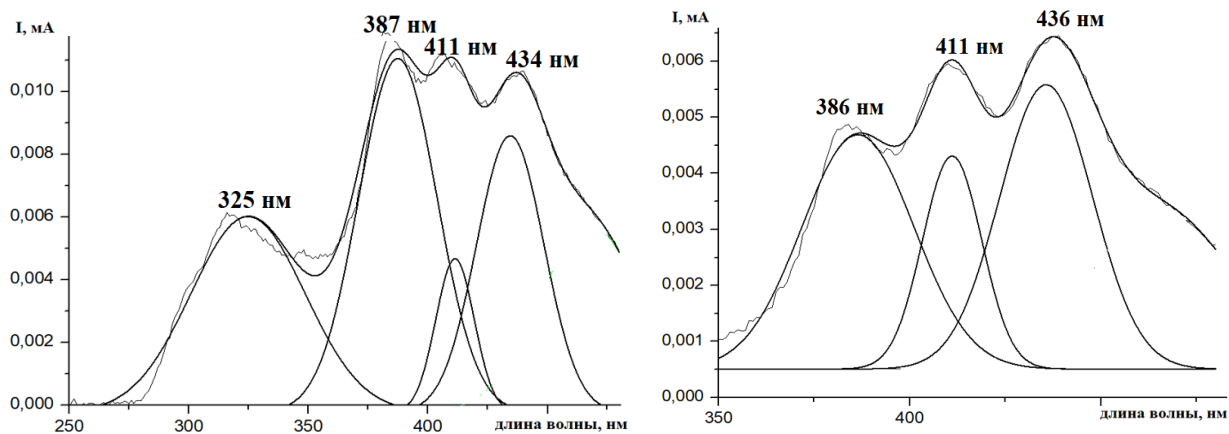


Рис. 5. Выделение единичных максимумов в спектре люминесценции экстрактивных компонентов копоти, полученной при сгорании древесины и резины с бензином АИ-92G

Детальная информация по составу исходного горючего материала, в частности по наличию в нем нефтепродуктов, получена в работе методом газожидкостной хроматографии. На хроматограммах экстрактов копоти от горения резины хорошо прослеживается ряд алифатических алканов в диапазоне от нормального алкана C_{13} до нормального алкана C_{29} , что связано с наличием в составе резины нефтепродуктов. Наличие указанных компонентов на хроматограммах копоти, отобранной после горения древесины, проявляется существенно слабее на фоне значительного дрейфа нулевой линии, связанного с наличием в составе экстракта циклических структур. На хроматограммах экстрактов копоти от сгорания бензина АИ-95G наиболее интенсивные пики связаны с ароматическими углеводородами: толуолом, ксилолами, пропилбензолами. Это объясняется наличием в бензинах марки G-Drive большого количества ароматических соединений. Хроматографический анализ экстрактов копоти от сгорания древесины и резины с бензином АИ-95G выявил компоненты бензина совместно с компонентами, характерными для экстрактов копоти от сгорания исходных материалов с сохранением их отличительных признаков.

Проанализирован также экстракт копоти, полученной при сгорании резины в присутствии дизельного топлива, для данного образца на фоне характерного вида хроматограмм для экстракта копоти, полученной при сгорании резины, четко фиксируются среднемолекулярные нормальные алканы в диапазоне от C_9 до C_{12} . Такой набор компонентов характерен для дизельных топлив.

Таким образом, анализ экстрактивных компонентов копоти методом газожидкостной хроматографии позволяет устанавливать наличие в составе копоти компонентов нефтепродуктов и диагностировать тип нефтепродукта.

Заключение

В работе изучены количество и состав битуминозных компонентов копоти, полученной при сгорании различных материалов в различных режимах.

Регрессионные зависимости количественного содержания хлороформенного битумоида в образцах копоти от температуры поверхности горевшего материала описываются убывающей сигмоидальной функцией Больцмана. В найденных зависимостях выявлено

наличие критической зоны, в которой на относительно небольшом участке изменения аргумента (температуры на поверхности горевшего материала) значение функции изменяется весьма существенно. С увеличением температуры снижается выход битуминозных компонентов в составе копоти. Изучение группового состава битумоидов позволяет сделать вывод о линейном снижении в составе копоти как суммарной концентрации углеводородов, так и смолисто-асфальтовых компонентов. В то же время при росте температуры на поверхности горевшего материала увеличивается относительная концентрации смолисто-асфальтовых компонентов по отношению к концентрации углеводородов, то есть битумоиды копоти относительно обогащаются смолисто-асфальтовыми компонентами.

Для диагностики группового состава битумоидов по спектрам люминесценции предложено в качестве показателя наличия в них следов светлых нефтепродуктов пользоваться отношением суммарной интенсивностью максимумов люминесценции в диапазоне от 240 до 360 нм к суммарной интенсивности максимумов люминесценции в диапазоне от 360 до 480 нм (1). Значения данного коэффициента для экстрактов копоти от сгорания исходных материалов больше единицы. В экстракте копоти, полученной при сгорании бензина АИ-95G, этот коэффициент составляет величину 0,23. В спектрах люминесценции экстрактов копоти, полученной от сгорания изученных материалов с бензином АИ-92, значения указанного коэффициента значительно меньше единицы. Здесь доминируют компоненты, связанные с горением бензина. Таким образом, предложенный коэффициент служит надежным диагностическим критерием наличия в копоти следов горения бензина.

Анализ экстрактивных компонентов копоти методом газожидкостной хроматографии позволяет устанавливать наличие в составе копоти компонентов нефтепродуктов, а также диагностировать тип нефтепродукта, в частности, выявлять наличие в составе горевшего материала следов бензина или дизельного топлива.

Литература

1. Пожарно-техническая экспертиза: учеб. / М.А. Галишев [и др.]. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2015. 410 с.
2. Задачи и методические приемы битуминологических исследований / В.А. Успенский [и др.]. Л.: Недра, 1986. 221 с.
3. Корчагина Ю.И., Четверикова О.П. Методы исследования рассеянного органического вещества осадочных пород. М.: Недра, 1976. 229 с.
4. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Люминесценция и ее измерения. Молекулярная люминесценция. М.: МГУ, 1989. 272 с.
5. Решетов А.А., Галишев М.А., Шарапов С.В. Использование информационных ресурсов спектрального анализа путем представления графической информации в численном виде методом нелинейной аппроксимации функцией Лоренца // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербург. ун-та ГПС МЧС России». 2013. № 4. С. 66–73.
6. Спектрофлуориметрическое изучение ароматических углеводородов в донных отложениях и водной толще западного сектора арктического региона / А.В. Куршева [и др.] // Океанология. 2009. Т. 49. № 5. С. 707–714.
7. Исследование копоти при горении нефтепродуктов методом флуоресцентной спектроскопии в целях судебной пожарно-технической экспертизы / Н.А. Таратанов [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 4 (37). С. 154–159.
8. Актуальные проблемы криминалистического исследования объектов, подвергшихся изменениям в условиях пожара / М.Е. Пахомов [и др.] // Судебная экспертиза. 2020. № 4 (64). С. 115–124.
9. Исследование копоти при горении нефтепродуктов методом флуоресцентной спектроскопии в целях судебной пожарно-технической экспертизы / Н.А. Таратанов [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 4 (37). С. 154–159.

10. Исследование следов горючих жидкостей в отложениях копоти на стекле и керамической плитке в целях пожарно-технической экспертизы / Т.А. Мочалова [и др.] // Пожарная и аварийная безопасность: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-й годовщине МЧС России. Иваново: Ивановская пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, 2020. С. 76–79.

11. Справочник резинщика. Материалы резинового производства / П.И. Захарченко [и др.]. М.: Химия, 1971. 608 с.

УДК 614.849

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОЖАРОВ АВТОМОБИЛЕЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА НА АВТОСТОЯНКАХ ЗАКРЫТОГО ТИПА

А.Б. Акимова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлены результаты моделирования пожара в закрытых автостоянках автомобилей с помощью программного комплекса PyroSim. Результаты имитации пожара отражены программой для визуализации Smokeview. Смоделированы ситуации распространения горения и отражены особенности распространения опасных факторов пожара при расположении автомобилей на различных видах топлива в нескольких вариациях относительно друг друга.

Ключевые слова: моделирование пожара, программный комплекс PyroSim, автостоянки закрытого типа, электромобили

MODELING THE DYNAMICS OF FIRES OF CARS ON DIFFERENT TYPES OF FUEL IN PARKING LOTS OF A CLOSED TYPE

A.B. Akimova. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The results of simulating a fire in closed car parks using the PyroSim software package are presented. The results of the fire simulation are reflected in the Smokeview visualization program. Situations of the spread of combustion are modeled and the features of the spread of hazardous factors of fire are reflected when vehicles are located on various types of fuel in several variations relative to each other.

Keywords: fire simulation, PyroSim software complex, closed parking lots, electric vehicles

Автостоянки закрытого типа являются одними из элементов транспортной инфраструктуры мегаполисов и отвечают за нормальное функционирование современных транспортных систем. Согласно статистике последних лет количество пожаров автомобилей увеличивается темпами, опережающими рост парка автомобильного транспорта [1, 2]. Одной из проблем обеспечения безопасного функционирования действующих автостоянок закрытого типа является увеличение доли обслуживаемых ими автомобилей на альтернативных видах топлива, характеризующихся повышенной пожарной опасностью [3].

Электромобили набирают все большую популярность в России, и все чаще их можно встретить на дороге [4]. Среди преимуществ у электромобилей выделяют: минимальное загрязнение окружающей среды, маленькие затраты по электроэнергии, однако наряду

с достоинствами имеются и недостатки: влияние различных температур на литий-ионные аккумуляторы; недостаточное количество заправок. Поскольку литий-ионные аккумуляторы электромобилей легко возгораются, электромобили не являются полностью безопасными [5]. Электролит литий-ионных аккумуляторов может самонагреваться, что может привести к воспламенению батареи [6]. В работе рассмотрены три ситуации возникновения пожаров автомобилей на бензиновом двигателе и электромобилей.

Цель исследования – рассмотреть особенности распространения опасных факторов пожара (ОФП) при пожаре транспортного средства (модели легкового автомобиля) в закрытой автостоянке, определение времени наступления критических значений ОФП в трех ситуациях.

Материалы и методы

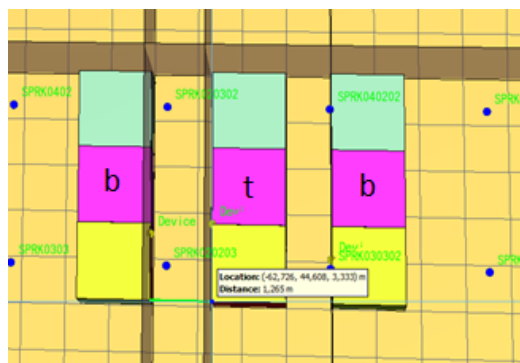
Для моделирования пожара автомобилей на двух видах топлива в закрытой автостоянке использовался программный комплекс PyroSim. PyroSim – известное программным обеспечением для быстрой и точной работы с Fire Dynamics Simulator (FDS) [4]. FDS создана в качестве инструмента для изучения фундаментальных процессов при пожаре, позволяет выполнить моделирование распространения ОФП по полевой модели [7, 8]. Полевая модель FDS может предсказывать распространение дыма, температуры, угарного газа и других ОФП [9]. В качестве модели легкового автомобиля были выбраны три кубических модуля различных материалов, представляющих пожарную нагрузку легкового автомобиля.

В качестве критических значений опасных факторов определены: потеря видимости – не более 20 м; температура – не более 70 °С; пониженное содержание кислорода – не ниже 0,226 кг/м³; содержание диоксида углерода CO₂ – не более 0,11 кг/м³; содержание оксида углерода CO – не более 1,16·10⁻³ кг/м³ [4].

Результаты и выводы

В программе PyroSim была смоделирована автостоянка закрытого типа. Размеры модели легковых автомобилей: длина 4,5 м; ширина 1,5 м; высота 1,5 м. Модель, имитирующая горящий легковой автомобиль, размещена недалеко от выхода № 1. Общее время моделирования 320 с, в данном случае – максимальное время эвакуации людей из моделируемой автостоянки при блокировании одного из эвакуационных выходов, расчет был проведен ранее в программном комплексе Pathfinder. Максимально допустимое время для эвакуации людей 360 с [10]. В работе были смоделированы система дымоудаления и автоматическая система пожаротушения (расход одного спринклера = 40 л/мин). Были проанализированы три ситуации.

Ситуация А: возгорается электромобиль (t), на расстоянии 1,2 м от него находится автомобиль на бензиновом двигателе (b), на расстоянии 0,9 м с другой стороны тоже находится автомобиль на бензиновом двигателе (b) (рис. 1–6).



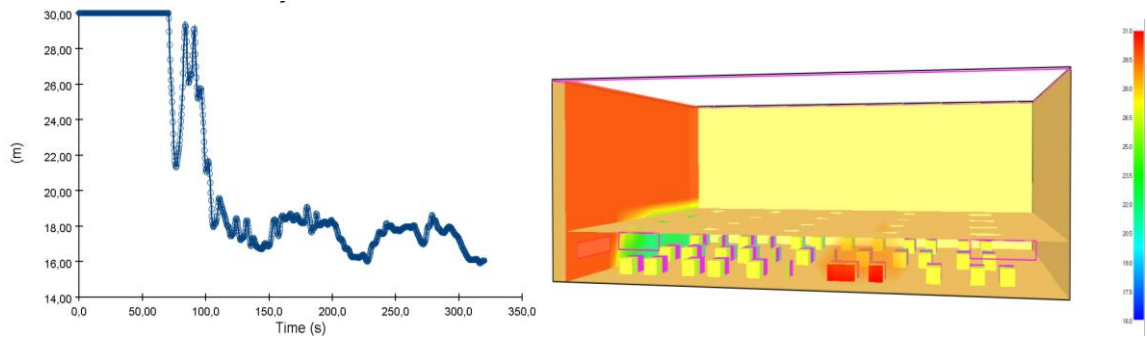


Рис. 1. Потеря видимости у эвакуационного выхода № 1

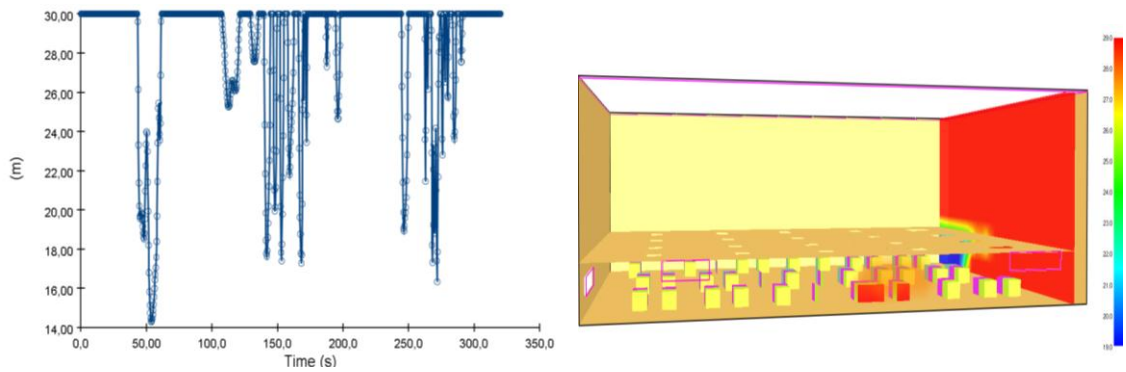


Рис. 2. Потеря видимости у эвакуационного выхода № 2

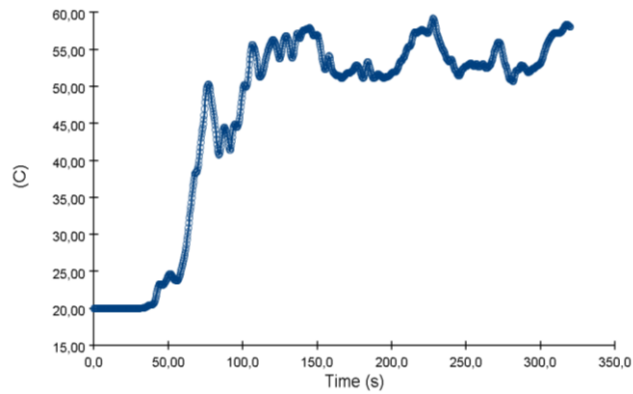


Рис. 3. Температура у эвакуационного выхода № 1

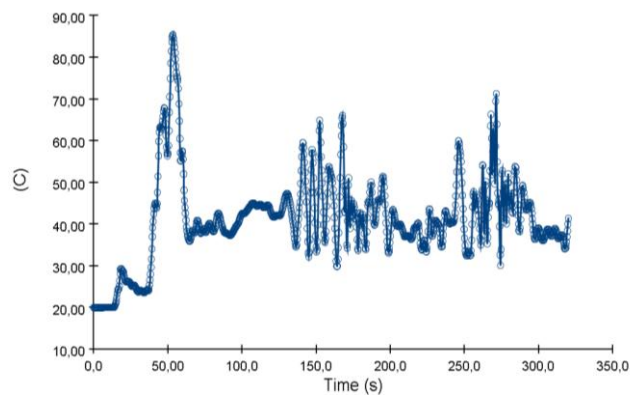


Рис. 4. Температура у эвакуационного выхода № 2

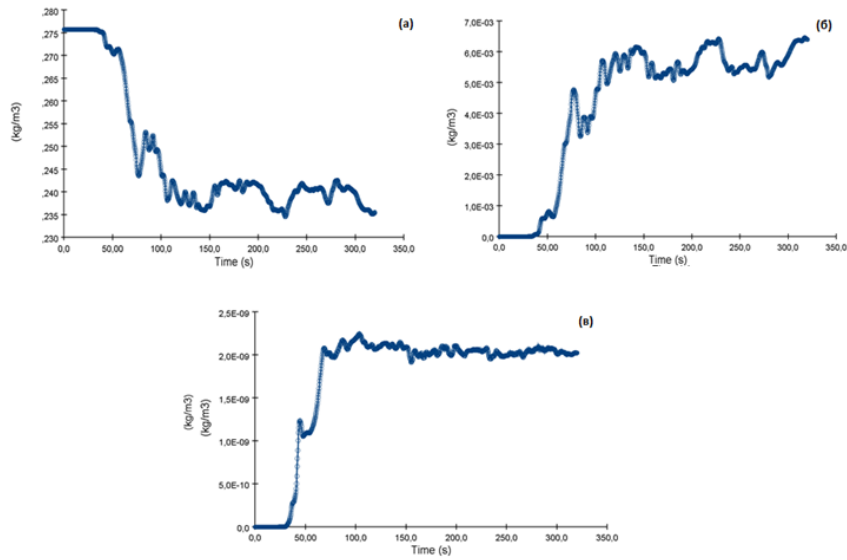


Рис. 5. а – пониженное содержание кислорода; б – содержание диоксида углерода CO_2 ; в – содержание оксида углерода CO у выхода № 1

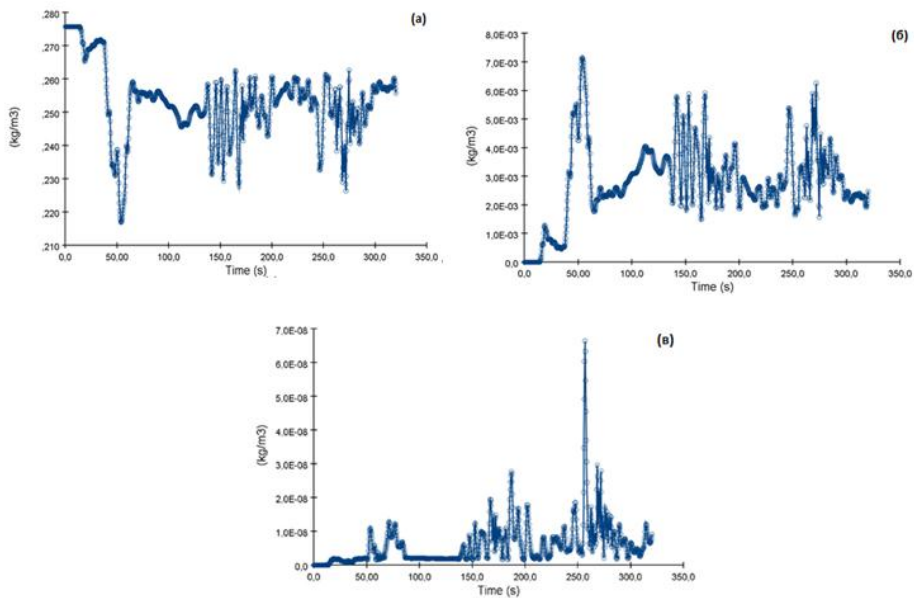
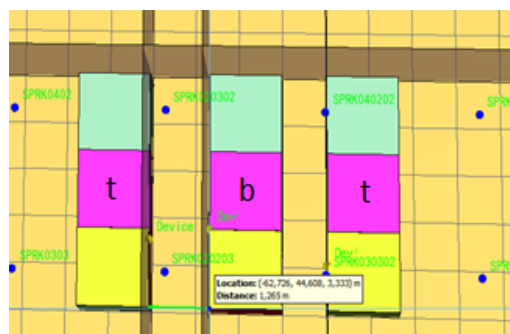


Рис. 6. а – пониженное содержание кислорода; б – содержание диоксида углерода CO_2 ; в – содержание оксида углерода CO у выхода № 2

Ситуация В: возгорается автомобиль на бензиновом двигателе, рядом на расстоянии 1,2 м, 0,9 м, соответственно, находятся два электромобиля (рис. 7–12).



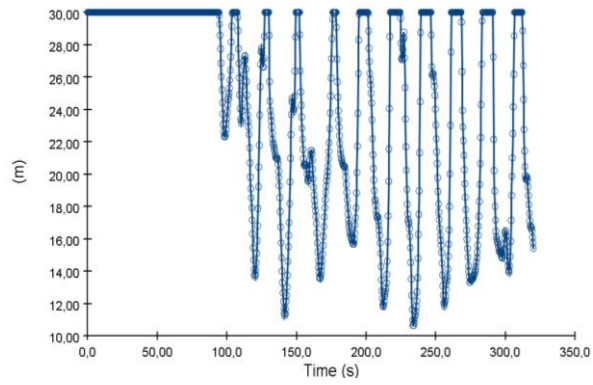


Рис. 7. Потеря видимости у эвакуационного выхода № 1

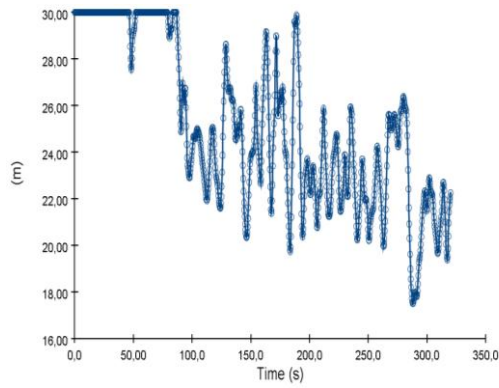


Рис. 8. Потеря видимости у эвакуационного выхода № 2

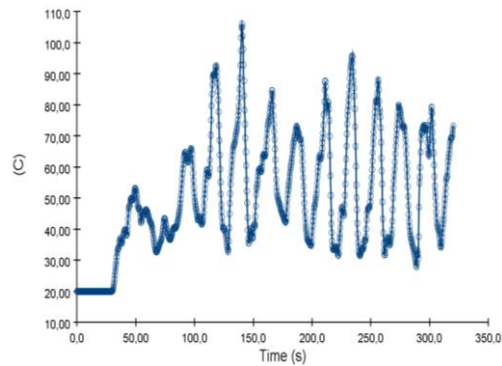


Рис. 9. Температура у эвакуационного выхода № 1

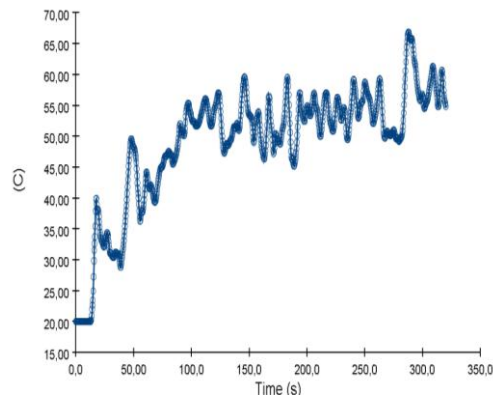


Рис. 10. Температура у эвакуационного выхода № 2

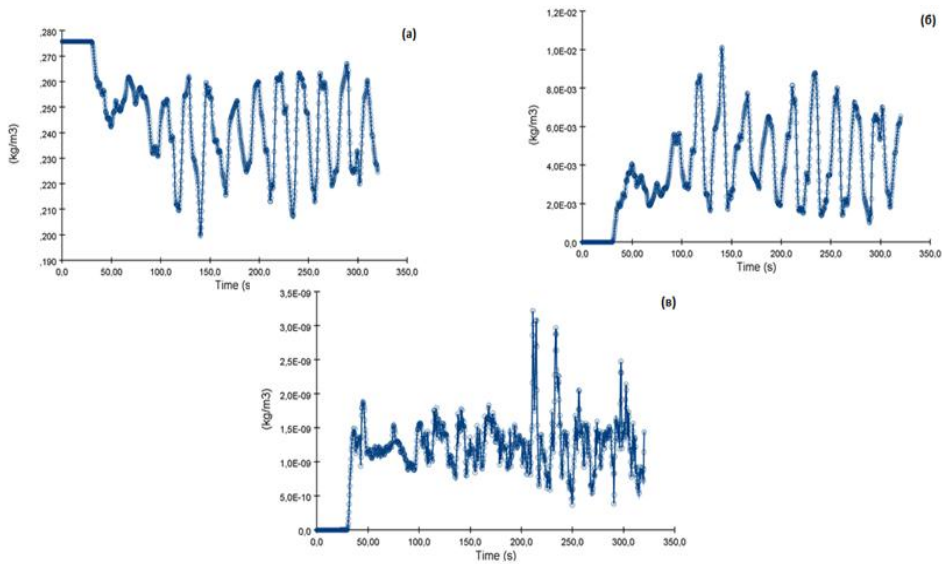


Рис. 11. а – пониженное содержание кислорода; б – содержание диоксида углерода CO_2 ; в – содержание оксида углерода CO у выхода № 1

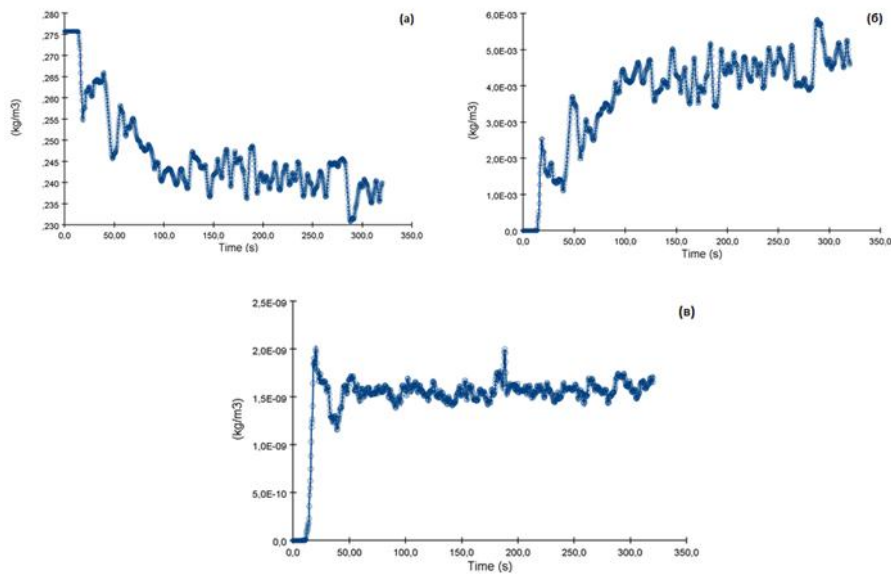
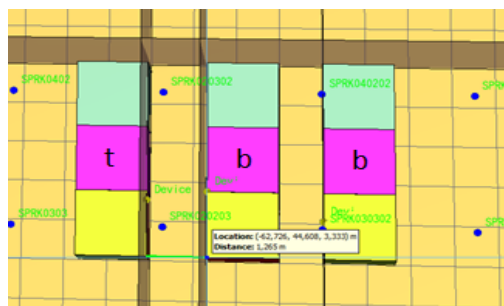


Рис. 12. а – пониженное содержание кислорода; б – содержание диоксида углерода CO_2 ; в – содержание оксида углерода CO у выхода № 2

Ситуация С: возгорается автомобиль на бензиновом двигателе, рядом на расстоянии 1,2 м находится электромобиль, 0,9 м – находится автомобиль на бензиновом двигателе (рис. 13–18).



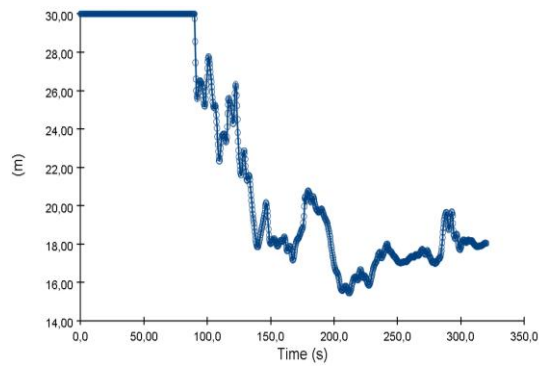


Рис. 13. Потеря видимости у эвакуационного выхода № 1

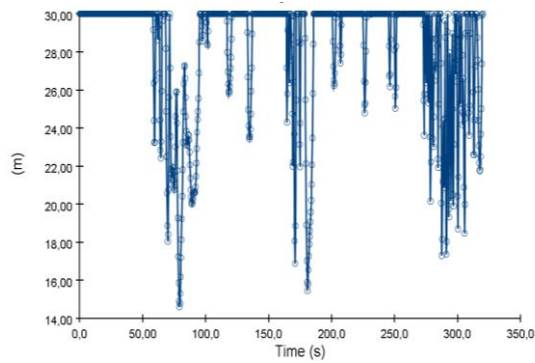


Рис. 14. Потеря видимости у эвакуационного выхода № 2

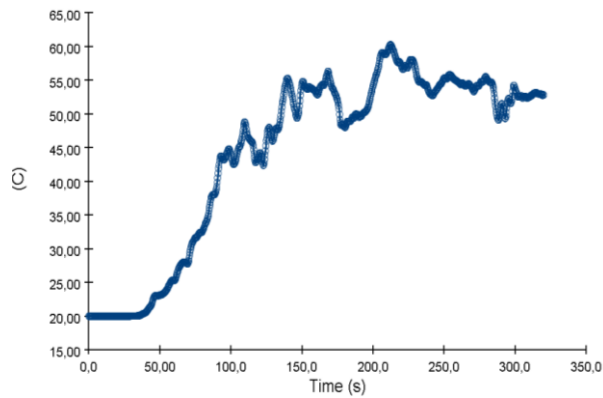


Рис. 15. Температура у эвакуационного выхода № 1

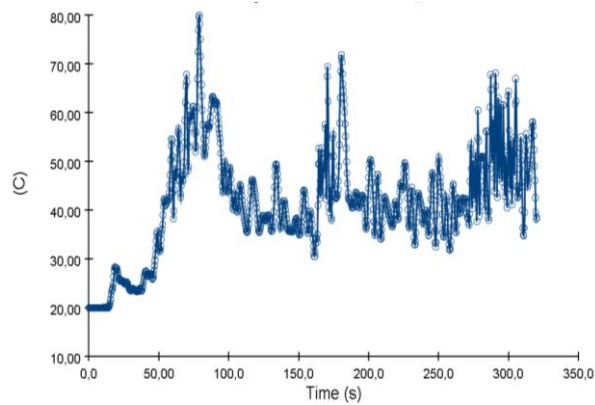


Рис. 16. Температура у эвакуационного выхода № 2

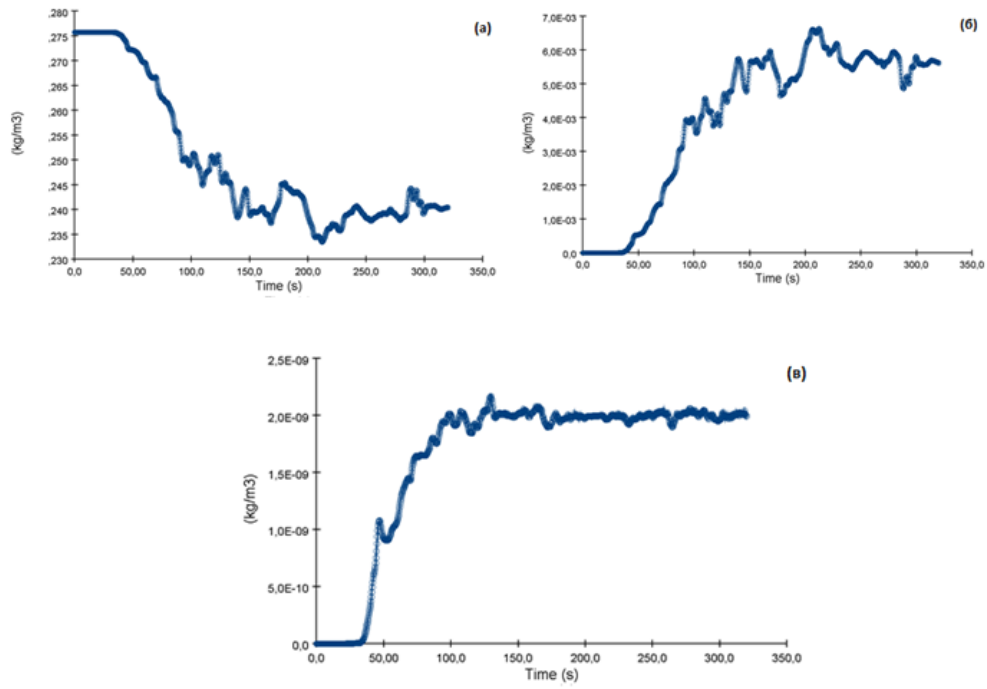


Рис. 17. а – пониженное содержание кислорода; б – содержание диоксида углерода CO₂; в – содержание оксида углерода CO у выхода № 1

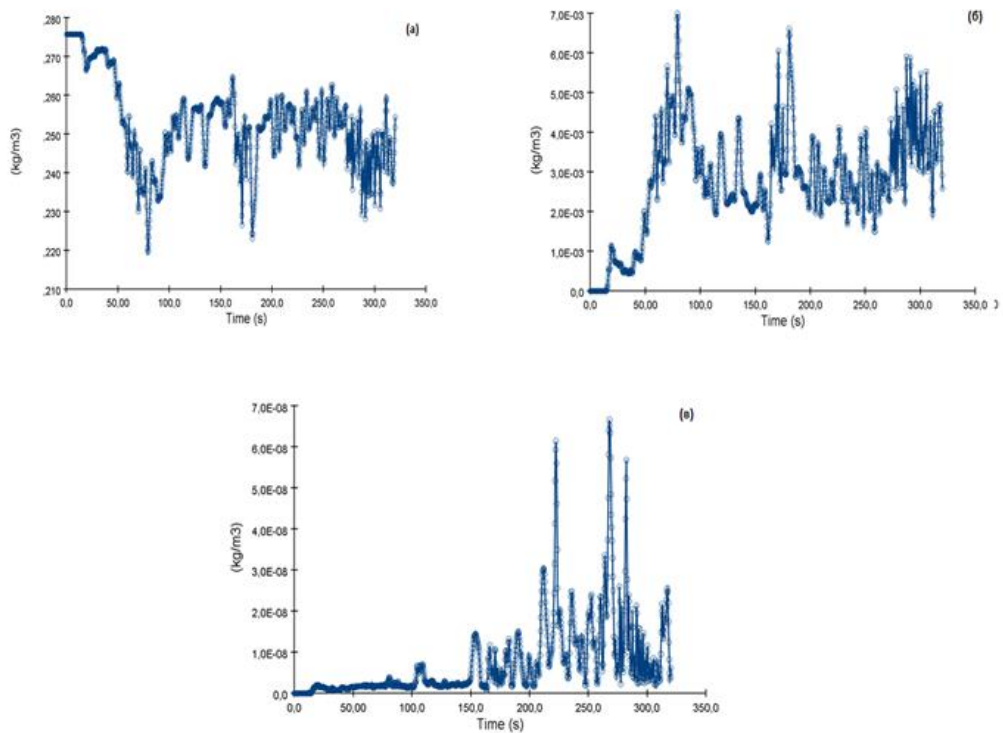


Рис. 18. а – пониженное содержание кислорода; б – содержание диоксида углерода CO₂; в – содержание оксида углерода CO у выхода № 1

Таблица. Результаты

| Ситуации | Потеря видимости у выхода № 1 | Потеря видимости у выхода № 2 | Температура у выхода № 1 | Температура у выхода № 2 | Содержание кислорода у выхода № 1 | Содержание кислорода у выхода № 2 | Содержание СО у выхода № 1 | Содержание СО у выхода № 2 | Содержание СО ₂ у выхода № 1 | Содержание СО ₂ у выхода № 2 |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|--|
| А | С 100 с менее 20 м | С 48 с менее 20 м | Не более 60 °С | На 40 с более 70 °С | Не менее 0,226 кг/м ³ | 50 с менее 0,226 кг/м ³ | Не более 0,11 кг/м ³ | Не более 0,11 кг/м ³ | Не более 1,16·10 ⁻³ кг/м ³ | Не более 1,16·10 ⁻³ кг/м ³ |
| В | С 120 с менее 20 м | С 175 с менее 20 м | 120 с – 70 °С, 123 с – 73 °С | Не более 70 °С | Не менее 0,226 кг/м ³ | Не менее 0,226 кг/м ³ | Не более 0,11 кг/м ³ | Не более 0,11 кг/м ³ | Не более 1,16·10 ⁻³ кг/м ³ | Не более 1,16·10 ⁻³ кг/м ³ |
| С | С 125 с менее 20 м | С 65 с менее 20 м | Не более 70 °С | 75 с более 70 °С | Не менее 0,226 кг/м ³ | 75 с менее 0,226 кг/м ³ | Не более 0,11 кг/м ³ | Не более 0,11 кг/м ³ | Не более 1,16·10 ⁻³ кг/м ³ | Не более 1,16·10 ⁻³ кг/м ³ |

Пожар на автостоянке закрытого типа с одним этажом развивается по классическим представлениям о динамике развития пожаров. В ситуации А, В, С у двух эвакуационных выходов значение потери видимости у выхода № 1 опускается ниже отметки 20 м начиная с 100 с. В ситуации А, С у выхода № 2 – начиная с 48 с и с 65 с значение ниже 20 м.

У выхода № 1 значения температуры в ситуациях: А, С – не более 70 °С, у выхода № 2 – начиная с 40 с и 70 с – более 70 °С. Значения содержания СО₂, содержания СО не меняются во всех ситуациях.

Выводы

1. Автостоянки закрытого типа являются неотъемлемой частью транспортной системы крупных мегаполисов. В то же время в случае возникновения пожара автостоянки закрытого типа уязвимы в силу расположения в них транспортных средств на альтернативных видах топлива (электромобили, гибриды) и по причине их размещения в зданиях иного назначения (торговые центры, университеты, бизнес-центры, больницы и т.д.).

2. Для моделирования пожара на автостоянке закрытого типа и анализа развития ОФП был проведен эксперимент с использованием программного комплекса Pyrosim, результаты показали следующее:

– критические значения ОФП: по потери видимости – у выхода № 1 ниже 20 м начиная с 100 с. В ситуации А, С у выхода № 2 начиная с 48 с и 65 с, значение ниже 20 м;

– по повышению температуры в ситуациях А и С у выхода № 1 не более 70 °С, у выхода № 2 более 70 °С, в ситуации В у выхода № 2 не выше 70 °С, у выхода № 1 более 70 °С;

– по снижению содержания кислорода в ситуациях А, В, С у выхода № 1 не менее допустимого значения 0,226 кг/м³;

– по снижению содержания кислорода в ситуациях А, С у выхода № 2 – менее допустимого значения 0,226 кг/м³; в ситуации В у выхода № 2 – не менее допустимого значения 0,226 кг/м³.

В итоге можно сделать вывод, что при горении электромобилей на закрытых автостоянках при исправном функционировании системы дымоудаления и автоматической системы пожаротушения люди не успеют эвакуироваться из помещения закрытой автостоянки до наступления критических значений ОФП.

Литература

1. Моторыгин Ю.Д., Косенко Д.В. Математическое моделирование развития горения автомобиля // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2014. С. 45.
2. Применение программных комплексов для установления обстоятельств пожара / А.А. Шавлюга [и др.] // Технологии техносферной безопасности. 2017. № 3. С. 73.
3. Кравцов М.Н. Пожарная опасность электро, гибридов и автомобилей // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. 2017. 12.
4. Таранцев А.А., Шидловский Г.Л., Поташев Д.А. Особенности распространения опасных факторов пожара в подземных стоянках автомобилей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 1. С. 43–52.
5. Терещенков М.С. Российский рынок электромобилей: ограничения и возможности будущего: XIV Королёвские чтения: сб. трудов Междунар. молодежной науч. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения академика С.П. Королёва. 2017. С. 277.
6. Мокряк А.В., Елисеев Ю.Н. Анализ пожарной опасности литий-ионных аккумуляторных батарей // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 3. С. 14–17.
7. Зайцев В.В. Противопожарные расстояния между автотранспортными средствами на открытых пространствах: дис. ... канд. техн. наук. М., 2004. 140 с.
8. Ключков С.В., Рыбакова Е.Ю., Чуева К.А. Моделирование опасных факторов пожара многофункционального здания на основе pygosim и fire dynamics simulator // Материалы регионального тематического сборника (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет»; Миасский филиал Международная академия фундаментального образования). Курган, 2019. С. 62.
9. Дорожкин А.С., Таранцев А.А., Минкин Д.Ю. Проблемы пожарной безопасности подземных автостоянок // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 1 (33). С. 13–18.
10. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

УДК 614.845

О ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ОГNETУШИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПОРОШКА НА ОГNETУШАЩИЙ ЭФФЕКТ

А.С. Константинова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Установлены недостатки стандартизированных огневых испытаний порошковых огнетушителей, допускающие неопределенность в части способа и расстояния подачи порошка, определения его дисперсного состава, применяемых насадков. Предложен комплексный показатель оценки огнетушащей эффективности газопорошковой струи, использование которого позволит повысить точность огневых испытаний порошковых огнетушителей.

Ключевые слова: огневые испытания, порошковый огнетушитель, дисперсный состав, газопорошковый поток, насадок огнетушителя

ON INCREASING THE ACCURACY OF FIRE TESTS OF FIRE EXTINGUISHERS BASED ON AN ASSESSMENT OF THE EFFECT OF THE DISPERSED COMPOSITION OF THE POWDER ON THE FIRE EXTINGUISHING EFFECT

A.S. Konstantinova. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The drawbacks of standardized fire tests of powder fire extinguishers have been established, allowing uncertainty in terms of the method and distance of powder supply, determination of its dispersed composition, and the nozzles used. A complex indicator for assessing the fire-extinguishing efficiency of a gas-powder jet is proposed, the use of which will improve the accuracy of fire tests of powder fire extinguishers.

Keywords: fire tests, powder fire extinguisher, dispersed composition, gas-powder stream, fire extinguisher nozzles

Введение

Порядок проведения огневых испытаний регламентирован ГОСТ Р 51057–2001 [1] (для порошковых огнетушителей) и ГОСТ Р 53280.4–2009 [2] (для огнетушащих порошков общего назначения, в том числе определения огнетушащей способности на модельных очагах пожара класса В).

Результаты сертификационных испытаний определяют соответствие параметров испытуемого объекта требованиям нормативных документов и служат основой для компетентного выбора продукции потребителем.

Автором установлены и экспериментально подтверждены недостатки существующих методик испытаний порошковых огнетушителей и определения огнетушащей способности порошков. Это обуславливает актуальность совершенствования процедуры испытаний с целью повышения точности и информативности для потребителя их результатов.

ГОСТ Р 51057–2001 [1] предусматривает, в том числе определение длины струи огнетушащего вещества (ОТВ), под которым подразумевают «расстояние по горизонтали от насадка огнетушителя до дальней границы распространения основной массы огнетушащего вещества» (п. 3.8). Автором экспериментально доказано [3, 4], что струя ОТВ, утратившая скорость, не способна потушить очаг пожара. Следовательно, параметр «длина струи ОТВ» не имеет практического значения для оценки огнетушащего эффекта испытуемого огнетушителя. Для повышения точности сравнения эксплуатационных характеристик огнетушителей целесообразно заменить его на «эффективную длину струи ОТВ», подразумевающую «максимальное расстояние по горизонтали от насадка огнетушителя до точки, в которой достигается тушение модельного очага пожара струей ОТВ».

Согласно п. В.3.3.4 ГОСТ Р 51057–2001 в процессе испытаний фиксируют:

- время подачи и расход ОТВ;
- результат тушения.

При этом время подачи и расход ОТВ никак не используют при оценке огнетушащей способности. Вывод о соответствии испытуемого огнетушителя требованиям стандарта делают только на основании количества успешных попыток тушения модельного очага пожара (МОП) – огнетушитель считается выдержавшим испытания, если в двух попытках из трех МОП был потушен. Для повышения точности испытаний следует фиксировать тушение МОП при неполном выходе порошка и определять его огнетушащую способность, исходя из фактической массы затраченного вещества.

Согласно п. В.3.3.2 ГОСТ Р 53280.4–2009 «...подачу порошка в очаг следует производить так, чтобы сплошное облако порошка начало распространяться над очагом от его ближнего борта с одной из сторон до другой, и при этом полностью перекрывать очаг по ширине в каждый отдельный момент тушения».

Автором экспериментально доказано [3, 4], что при таком способе подачи преобладает механизм тушения путем срыва пламени. Результат испытаний будет в большей степени характеризовать устройство подачи, чем огнетушащую способность порошка.

Существуют расхождения в нормативных документах в части определения расстояния тушения МОП при испытаниях. Согласно п. 5.9.3 ГОСТ Р 53280.4–2009 оно составляет $(2,0 \pm 0,5)$ м и может уменьшаться в процессе тушения. Увеличение этого расстояния стандартом не предусмотрено.

По требованиям п. 3.3.2 ГОСТ Р 51057–2001 тушение начинают с расстояния, удобного для оператора и зависящего от ранга модельного очага и длины струи ОТВ (5.19). В процессе тушения оператор может произвольно изменять расстояние до очага горения.

Для уточнения результатов определения огнетушащей способности порошка необходимо привести в соответствие требования нормативных документов, определяющие порядок проведения испытаний. В настоящее время значение этой способности, полученное при испытаниях огнетушителей различных типоразмеров, может отличаться более чем в два раза (табл. 1).

Таблица 1. Огнетушащая способность порошка Вексон-АВСЕ

| Типоразмер огнетушителя (масса порошка, кг) | Максимальный ранг МОП, который может быть потушен | Диаметр МОП, см | Площадь поверхности МОП, см ² | Огнетушащая способность, г/см ² | Источник данных |
|---|---|-----------------|--|--|-----------------|
| ОП-1 (1) | 13 В | 70 | 3847 | 0,26 | [5] |
| ОП-2 (2) | 21 В | 90 | 6359 | 0,31 | |
| ОП-3 (3) | 55 В | 150 | 17663 | 0,17 | [6] |
| ОП-4 (4) | 55 В | 150 | 17663 | 0,23 | [7] |
| ОП-5 (5) | 89 В | 190 | 28339 | 0,18 | [8] |
| ОП-8 (8) | 144 В | 240 | 45216 | 0,18 | [9] |
| ОП-25 (25) | 233 В | 300 | 70650 | 0,35 | [10] |

Таким образом, по данным различных источников [5–10], огнетушащая способность порошка Вексон-АВСЕ составляет от 0,17 до 0,35 г/см² при тушении очага пожара класса В.

Существует неопределенность в части регламентации оснащения порошковых огнетушителей насадками. П. 5.30 ГОСТ Р 51057–2001 предусматривает, что «Порошковые и газовые огнетушители с массой ОТВ более 3 кг ... должны быть оснащены гибким шлангом длиной не менее 400 мм». П. 5.31 этого же стандарта определяет, что «... конструкция запорно-пускового устройства огнетушителя (без шланга), имеющего полную массу не более 5 кг, должна обеспечивать оператору возможность удерживать огнетушитель и одновременно управлять потоком ОТВ, используя только одну руку». Возникает вопрос необходимости оснащения шлангом огнетушителей типоразмера ОП-4.

Параметры шланга (внутренний диаметр и форма насадка) стандартом не регламентированы. При этом экспериментально установлено, что:

- шланг длиной 150 мм существенно снижает огнетушащий эффект газопорошковой струи по сравнению со шлангами длиной 50 и 100 мм [11];
- форма насадка оказывает влияние на дальность подачи ОТВ и форму поперечного сечения струи [12].

Таким образом, целесообразно внедрение методики, позволяющей оценить влияние насадков на эффект тушения очага пожара для решения вопроса о необходимости оснащения огнетушителей шлангом длиной 400 мм, а также для выявления типов насадков, повышающих огнетушащую способность порошка.

Еще одним фактором, влияющим на эффективность тушения пожаров класса В, является дисперсный состав огнетушащего порошка. Его определяют по ГОСТ Р 53280.4–2009, используя весы, анализатор ситовой механический, сита металлические с сетками № 1 К, № 005 К по ГОСТ 6613 с крышкой и поддоном, кисть мягкую (п. 5.3.1). При отсутствии механического анализатора просеивание допускается производить ручным встряхиванием, периодически очищая сита от застрявших частиц мягкой кистью (п. 5.3.2).

ГОСТ Р 53280.4–2009 не регламентирована площадь используемого сита. При определении дисперсного состава порошка в исследованиях [13] автором установлено, что при малой площади поверхности сита имеет место закупорка ячеек сетки частицами. Очистка сетки с помощью мягкой кисти вносит существенную погрешность в результат испытаний по причине электростатического налипания мелкой фракции порошка на кисть и на обечайку сита, а для сетки с размером ячеек 0,05 мм не представляется возможной, так как толщина ворса кисти превышает просвет ячеек. Удаление частиц порошка из ячеек сита между испытаниями проведено автором с помощью промывки 95 % этанолом.

Для повышения точности огневых испытаний порошковых огнетушителей автором предложена методика, основанная на использовании комплексного показателя, который включает в себя характеристики газопорошковой струи, представленные в табл. 2 [14]. Методика предусматривает использование насадка на огнетушитель с внутренней спиральной нарезкой (по аналогии с нарезным оружием).

Таблица 2. Характеристики газопорошковой струи, сформированной насадком с внутренней нарезкой

| № п/п | Показатели истечения газопорошкового потока | Обозначение | Единица измерения (СИ) |
|--------------------------|---|---------------------|---|
| А. Определяющие величины | | | |
| 1 | Насыпная плотность порошка | $\rho_{\text{пор}}$ | $\frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$ |
| 2 | Давление вытеснения порошка | P | $\frac{\text{КГ}}{\text{М} \cdot \text{С}^2}$ |
| 3 | Масса заряда порошка | $m_{\text{зар}}$ | кг |
| 4 | Длина насадка с внутренней нарезкой | $L_{\text{нас}}$ | м |
| 5 | Площадь зеркала горючей жидкости МОГ | $S_{\text{мог}}$ | М^2 |
| 6 | Угол подачи порошка в очаг МОГ относительно горизонта | $\angle \beta$ | безразмерный |
| Б. Зависимые величины | | | |
| 7 | Масса порошка, осевшего на поверхность МОГ | $m_{\text{эф}}$ | кг |
| 8 | Дальность струи газопорошковой струи | $L_{\text{стр}}$ | м |
| 9 | Площадь поперечного сечения потока газопорошковой струи | $S_{\text{сеч}}$ | М^2 |
| 10 | Скорость газопорошковой струи | $v_{\text{стр}}$ | $\frac{\text{М}}{\text{С}}$ |
| 11 | Импульс частиц газопорошковой струи | $P_{\text{ч}}$ | $\frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{С}}$ |
| 12 | Длительность истечения порошка | $t_{\text{ист}}$ | с |
| 13 | Угол раскрытия струи порошка | $\angle \alpha$ | безразмерный |

Из представленных в табл. 2 величин выведен безразмерный комплекс π , характеризующий огнетушащую эффективность газопорошковой струи:

$$\pi = \frac{\rho_{\text{пор}} \cdot L_{\text{стр}}^3 \cdot S_{\text{мог}} \cdot P \cdot v_{\text{стр}} \cdot \tau_{\text{ист}}^2}{m_{\text{зар}} \cdot L_{\text{нас}} \cdot P_{\text{ч}}}$$

Выводы

Установлены недостатки предусмотренных ГОСТ огневых испытаний порошковых огнетушителей:

- определяют характеристики газопорошковой струи, которые не влияют на огнетушащий эффект (длина струи), и характеристики, которые не используют при оценке огнетушащей эффективности порошка (время подачи и фактический расход);
- не учитывают преобладающий механизм тушения МОП;
- существуют расхождения нормативных документов в определении расстояния подачи ОТВ;
- не регламентированы параметры насадков, которыми оснащают огнетушители, необходимо экспериментальное подтверждение целесообразности оснащения огнетушителей шлангом длиной 400 мм;
- отсутствует однозначность требований к оснащению шлангом огнетушителей типоразмера ОП-4;
- при определении дисперсного состава порошка не регламентирована площадь используемого сита, требует уточнения порядок очистки сеток при испытаниях.

Предложен комплексный показатель оценки огнетушащей эффективности газопорошковой струи. Показатель учитывает 13 параметров подачи огнетушащего порошка, включая характеристики насадка, что позволяет повысить точность и информативность огневых испытаний по сравнению с методикой, установленной ГОСТ Р 51057–2001 и ГОСТ Р 53280.4–2009 [1, 2].

Литература

1. ГОСТ Р 51057–2001. Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. ГОСТ Р 53280.4–2009. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Ч. 4. Порошки огнетушащие общего назначения. Общие технические требования и методы испытаний // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 06.09.2021).
3. Константинова А.С., Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. Экспериментальное определение преобладающего механизма тушения горения углеводородов порошковым составом // Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. Кокшетау: КТИ МЧС РК, 2020. С. 73–76.
4. Константинова А.С., Поляков А.С. О необходимости учета преобладающего механизма тушения при испытаниях огнетушащих порошков // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. материалов XV Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых: в 2-х т. Минск: УГЗ, 2021. Т. 1. Ч. 2. С. 369–370.
5. Сорокин И.А., Кожевин Д.Ф., Поляков А.С. О форме, размерах и мощности модельного очага пожара для испытаний огнетушителей // Техносферная безопасность. 2017. № 3 (16). С. 63–72.

6. Огнетушители порошковые закачные. Фирма «Успех». URL: <http://uspeh92.ru/firefighting/extinguishers/dry> (дата обращения: 12.11.2021).
7. Огнетушитель порошковый переносной ОП-4(з) // Образовательный портал по пожарной безопасности. URL: <https://fire-truck.ru/poznavatelno/ognetushitel-poroshkovyiy-pereenosnoy-op-4-z.html> (дата обращения: 08.11.2021).
8. Огнетушители порошковые ОП-5(б), ОП-5(г), ОП-5(з): ТТХ, описание и инструкция // Клуб пожарных и спасателей. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/ognetushiteli-poroshkovyie-op-5-b-op-5-g-op-5-z-tth-opisanie-i-instruktsiya/> (дата обращения: 08.11.2021).
9. Огнетушитель порошковый ОП-8 // Противопожарное оборудование в России. Комплексные поставки пожарного оборудования. URL: <http://www.komplekt01.ru/node/19> (дата обращения: 08.11.2021).
10. Огнетушитель ОП-25(з)-АВСЕ // Линия безопасности. Комплексные поставки противопожарного оборудования. URL: <http://lbnsk.ru/catalog/op-25z-abce.html> (дата обращения: 08.11.2021).
11. Константинова А.С., Поляков А.С. Комплексная оценка полезности насадка с внутренней спиральной нарезкой при порошковом пожаротушении // Техносферная безопасность. 2021. № 3. С. 3–13.
12. Поляков А.С., Кожевин Д.Ф., Константинова А.С. Оценка влияния формы поперечного сечения регулирующего насадка на распределение фракций в газопорошковом потоке // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2020. № 3. С. 38–46.
13. Поляков А.С., Кожевин Д.Ф., Константинова А.С. Распределение фракций огнетушащего порошка в моделируемом нестационарном газовом потоке // Пожаровзрывобезопасность. 2019. Т. 28. № 6. С. 80–88.
14. Константинова А.С., Поляков А.С. Комплексная оценка полезности насадка с внутренней спиральной нарезкой при порошковом пожаротушении // Техносферная безопасность. 2021. № 3. С. 3–13.

УДК 614.841.343:539.097

МЕТОДИКА СИНТЕЗА АБЛЯЦИОННО-ДЕСОРБЦИОННЫХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

С.О. Столяров.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложена методика синтеза абляционно-десорбционных огнезащитных покрытий, предназначенная для повышения пределов огнестойкости металлических конструкций оборудования объектов нефтегазового комплекса, основанная на повышении эксплуатационных характеристик (адгезионная прочность, горючесть, термическая стабильность, огнезащитная эффективность), за счет компонентов рецептур абляционно-десорбционного механизма защиты.

Ключевые слова: методика, огнезащита, абляция, эксплуатационные характеристики, пожарная безопасность, противопожарная защита

METHOD OF SYNTHESIS OF ABLATIVE-DESORPTION FLAME-RETARDANT COATING

S.O. Stolyarov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The paper proposes a method for the synthesis of ablation-desorption fire-retardant coatings, designed to increase the fire resistance of metal structures of equipment for oil and gas facilities, based on increasing operational characteristics (adhesion strength, combustibility, thermal stability, fire-retardant efficiency), due to the components of the formulations of the ablation-desorption protection mechanism .

Keywords: technique, fire protection, ablation, performance characteristics, fire safety, fire protection

Нефтепродукты, добываемые на территории Российской Федерации, составляют 70 % от общего числа вывозимых товаров за границу [1]. В рамках реализации Указа «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [2], подписанного Президентом Российской Федерации, необходимо создавать экспортно-ориентировочные сектора. Одним из таких секторов является нефтегазовый комплекс (НГК), включающий в себя группы по добыче, транспортировке и переработке нефти и газа и распределению продуктов. Для непрерывного функционирования данных секторов представляется необходимым создание систем обеспечения безопасности объектов экономики. Объекты НГК характеризуются высоким риском возникновения пожара, связанного с большим количеством нефти и нефтепродуктов и их показателями пожарной опасности [3].

Обеспечение пожарной безопасности на объектах нефтегазовой отрасли достигается благодаря функционированию системы обеспечения пожарной безопасности (СОПБ). Для обеспечения пожарной безопасности на объекте защиты представляется необходимым поддержание СОПБ в рабочем состоянии и в соответствии с требованиями действующих нормативных документов. СОПБ объекта защиты включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Элементом системы противопожарной защиты является обеспечение требуемых пределов огнестойкости строительных конструкций и применение средств и способов огнезащиты [4].

Современные средства и способы огнезащиты не учитывают особенности углеводородного режима пожара, характерного для объектов НГК, а именно высокую температуру пламени (1 100–1 200 °С) и эрозийное воздействие факельного горения углеводородов [5]. Большинство огнезащитных покрытий, испытанных и сертифицированных по ГОСТ Р 53295–2009 «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности», имеют недостаточные показатели эксплуатационных характеристик (адгезионная прочность, горючесть, огнезащитная эффективность) для условий углеводородного режима пожара и не способны обеспечить защиту конструкций в течение нормативного времени, что может привести к преждевременному обрушению конструкций оборудования НГК и каскадному развитию аварии.

В работе [6] представлены исследования повышения эксплуатационных характеристик огнезащитных составов на основе эпоксидных смол. Определены способы повышения эксплуатационных характеристик огнезащитных покрытий для металлических конструкций оборудования объектов НГК (введение цеолитов с микрокапсулированной водой (1–5 % масс.) в состав отвердителя с последующим синтезированием пленкообразователем, ультразвуковое диспергирование, микрокапсулирование методом активной диффузии). В работе [7] приведены результаты моделирования процесса наступления предельного состояния

металлической поверхности по признаку R с огнезащитным составом в условиях углеводородного пожара, показана эффективность применения компонентов абляционно-десорбционного механизма огнезащиты в огнезащитных составах. Данные, представленные в работах [6–10], позволяют разработать методические рекомендации по синтезированию абляционно-десорбционных огнезащитных покрытий.

Целью настоящей работы является повышение пределов огнестойкости металлических конструкций объектов НГК путем получения синтезированных абляционно-десорбционных огнезащитных составов, обладающих заданными, в том числе улучшенными по сравнению с аналогами, физическими свойствами.

Данная методика применима к огнезащитным составам на основе диановых эпоксидных смол и отвердителя типа полиэтиленполиамин.

Сущность методики заключается в получении огнезащитного покрытия на основе эпоксидных смол с увеличенными эксплуатационными характеристиками.

Ниже представлена методика синтеза абляционно-десорбционных огнезащитных покрытий.

Состав в соответствии с экспериментальными данными [6–9] содержит компоненты, представленные в таблице.

Таблица. Компоненты рецептуры абляционно-десорбционного огнезащитного состава

| № п/п | Компонентный состав | Содержание компонентов, масс. ч. |
|-------|---|----------------------------------|
| 1 | Эпоксидная смола ЭД-20 | 41 |
| 2 | Хлорид фосфора (III) | 20 |
| 3 | Борат цинка | 7 |
| 4 | Оксид алюминия | 4 |
| 5 | Гидрат аммиака | 5 |
| 6 | Ацетон | 3 |
| 7 | Полиэтиленполиамин | 17 |
| 8 | Цеолиты (40 мкм) с микрокапсулированной водой | 3 |

Для получения состава использовали следующие компоненты:

1. Низковязкая эпоксидная смола с динамической вязкостью 0,5–5,0 Па·с;
2. Хлорид фосфора (III) ТУ 2152-380-05763441–2002;
3. Борат цинка по ТУ 2146-186-10968286–2004;
4. Оксид алюминия по ГОСТ 8136–85;
5. Гидрат аммиака по ГОСТ 24147–80;
6. Ацетон по ГОСТ 2768–84;
7. Отвердитель – полиэтиленполиамин ТУ 2413-214-00203312–2002;
8. Цеолиты по ТУ 2163-001-27860096–2016.

Состав для получения огнезащитного покрытия получали следующим образом:

1) Для синтеза в вертикальный реактор с пропеллерной мешалкой при постоянном перемешивании со скоростью 600 об/мин добавляли последовательно в необходимых пропорциях: эпоксидную смолу, хлорид фосфора, борат цинка, гидроокись алюминия, ацетон. Полученную смесь перемешивали в течение 30–40 мин.

2) Цеолиты обезвоживали в муфельной печи в течение 2 ч при температуре 350 °С.

3) Подготавливали эксикатор для обезвоживания цеолитов.

4) Цеолиты помещали в эксикатор с силикагелем для остывания.

5) После остывания цеолиты помещали в закрытую емкость с дистиллированной водой.

6) Емкость, содержащую цеолиты, устанавливали в муфельную печь на 60 мин при температуре 60 °С для увеличения сорбции, вызванной активированной диффузией адсорбтивов в адсорбирующих порах и капсуляцией молекул веществ. Таким образом, масса цеолитов после адсорбции воды должна увеличиться на 20–30 %.

7) Цеолиты остужали до комнатной температуры.

8) Полученные цеолиты, капсулированные дистиллированной водой, добавляли в отвердитель эпоксидного покрытия с соотношением 3 % масс. от общей массы полимерного материала.

9) Перед введением отвердителя в эпоксидный олигомер микрокапсулированные цеолиты необходимо диспергировать в объеме отвердителя с помощью ультразвуковой ванны (ГОСТ 12.2.051–80) с рабочей частотой 44 кГц в течении 20 мин.

10) Модифицируемый отвердитель вводится в полимерную основу в соотношении 1/4 и перемешивается механическим способом до однородного состояния и исчезновения агрегатов.

11) После смешивания компонентов образовавшуюся смесь необходимо тщательно перемешать и нанести на защищаемую поверхность с помощью кисти, шпателя или аппарата безвоздушного распыления.

12) При необходимости, для увеличения толщины покрытия, через 2 ч процесс нанесения повторить.

13) Защищаемую поверхность подвергнуть электрофизическому воздействию с параметрами прибора переменного тока низкой частоты ($U=50-120$ В, $f=50$ Гц).

14) Нанесение огнезащитного состава осуществлять в соответствии с ТУ 20.30.227-30642285–2017.

15) Полимеризация (отверждение) огнезащитного покрытия на защищаемой поверхности продолжается в течении 20–24 ч, после чего покрытие готово к эксплуатации.

16) Анализ эксплуатационных характеристик полученных огнезащитных покрытий должен удовлетворять условиям:

$$Y_{\text{астрален}} = 677,8 \cdot \frac{X_1 \cdot X_3}{X_2 \cdot X_4 \cdot X_6 \cdot X_7} + 524,1 \cdot \frac{X_2 \cdot X_4}{X_1 \cdot X_7} + \frac{316,3}{X_3 \cdot X_7} - 4614 \cdot \frac{X_1 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot X_5}{X_7} ;$$

$$Y_{\text{цеолит}} = 9,751 \cdot X_8^2 \cdot X_3 \cdot X_{11}^2 - 1,081 \cdot X_8^2 \cdot X_3 \cdot X_{11} + 13,17 \cdot X_8 \cdot X_3^2 + 16,11 \cdot X_3^2 ,$$

где X_1 – концентрация Astr в отвердителе, % об.; X_2 – адгезионная прочность, кгс/см²; X_3 – коэффициент вспучивания; X_4 – температура активации разложения катализатора с выделением кислоты (начало экзотермического пика 1), Т °С; X_5 – температура образования сложных эфиров многоатомного спирта (начало экзотермического пика 2), Т °С; X_6 – температура активации коксообразования (начало экзотермического пика 3), Т °С; X_7 – коэффициент изменения диэлектрической проницаемости; X_8 – концентрация цеолитов в отвердителе, % масс.; X_{11} – Q экзотермического пика 2; Y – требуемый предел огнестойкости по признаку R.

При применении методики синтеза абляционно-десорбционных огнезащитных покрытий выявлено изменение поверхностных и внутриобъемных преобразований в процессе абляционной защиты на огнезащитную эффективность огнезащитных композиций в сравнении с базовым составом (уменьшение теплопередачи к защищаемой поверхности на 53 %, увеличение общего теплового эффекта на 133–243,5 Дж/г, увеличение удельной теплоемкости материала на 11,7–18,3 Дж/г·К, увеличение скорости коксообразования в диапазоне

температур 200–300 °С на 23–59 %, уменьшение скорости термической деструкции на участке 300–700 °С на 51,5–63 %) [8, 9].

Исследование физических свойств огнезащитных составов, полученных в результате применения настоящей методики, выявило увеличение исследуемых свойств в сравнение с базовым составом, а именно: увеличение показателей адгезионной прочности на 38 %, уменьшение горючести материала на 10 %, увеличение зольного остатка на 11 %, а также изменение электрофизических свойств вещества, что привело к увеличению огнезащитной эффективности на 44 % [8, 9].

Методика синтеза абляционно-десорбционных огнезащитных покрытий оборудования объектов НГК применима в качестве элемента СОПБ, а именно – как составляющая системы противопожарной защиты. Посредством синтеза функциональных компонентов рецептур огнезащитных покрытий возможно увеличить предел огнестойкости металлических конструкций в условиях теплового и эрозийного воздействия факельного горения углеводородов на конструкции объектов НГК.

Настоящие рекомендации распространяются на производство работ по нанесению и эксплуатации огнезащитного покрытия для несущих стальных конструкций на основе состава «ТЕРМОБАРЬЕР» 2.

Методика может быть использована:

- для модернизации огнезащитных составов на основе эпоксидных смол в целях повышения их эксплуатационных характеристик;
- для обеспечения требуемого предела огнестойкости металлических конструкций объектов газовой и нефтяной промышленности;
- для основы в создании рецептур огнезащитных покрытий для условий углеводородного пожара.

Литература

1. Андрейчук Е.Л., Лизунов Н.С. Перспективы развития торгового оборота между Россией и Китаем // Таможенная политика России на дальнем Востоке. 2012. № 3 (60).
2. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента Рос. Федерации от 7 мая 2018 г. № 204. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/57425> (дата обращения: 02.10.2021).
3. The Dangerous Fire Factors Formation the on an Oil and Gas Complex Objects When Using the Combustible Environment on the Tetrachlormethane Basis / A.V. Kalach [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. 2020. Т. 459. №. 4. С. 042046.
4. Зайцев А.В. От федерального закона № 123-ФЗ к техническому регламенту ЕАСС // Алгоритм безопасности. 2018. № 1. С. 4–7.
5. Increase of fire resistance limits of building structures of oil-and-gas complex under hydrocarbon fire / M. Gravit [et al.] // Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport. Springer, Cham. 2017. С. 818–829.
6. Ивахнюк Г.К., Столяров С.О. Условия синтеза абляционно-десорбционных огнезащитных покрытий с целью увеличения огнезащитной эффективности огнезащитных покрытий и повышения пожарной безопасности оборудования объектов нефтегазового комплекса // Техносферная безопасность. 2021. № 2 (31).
7. Ивахнюк Г.К., Столяров С.О. Регрессионная модель процесса наступления предельного состояния абляционно-десорбционных огнезащитных покрытий в условиях теплового и эрозийного воздействия факельного горения углеводородов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2021. № 1 (57). С. 68–71.
8. Ивахнюк Г.К., Столяров С.О., Дементьев Ф.А. Исследование эксплуатационных характеристик модифицированных огнезащитных покрытий на основе эпоксидных смол // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 4 (52). С. 141–152.

9. Исследование эксплуатационных характеристик огнезащитных покрытий на основе эпоксидных смол, модифицированных астраленами / А.В. Иванов [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2020. Т. 29. № 1.

10. Stolyarov S. Risk reduction at economic entities using methods of synthesis of flame retardant coatings / С.О. Столяров [и др.] // Nexo Scientific Journal. 2021. Vol. 34. N. 02. May.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абзалов Олег Ирекович – магистрант каф. пож. безопасн. зданий и автоматизир. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: abzalov.mchs@mail.ru;

Ажмуллаев Руфат Сабирович – нач. отд. надзор. деят. и профилакт. работы по Красноярскому р-ну УНД и ПР ГУ МЧС России по Астраханской области (г. Астрахань, ул. Волжская, д. 11), e-mail: ogpn_2014kr.jar@mail.ru;

Акимова Александра Борисовна – инспектор отд. орг. и коорд. междунар. деят. (195105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: frodolline@yandex.ru;

Андрюшкин Александр Юрьевич – зав. каф. технол. конструкц. материалов и пр-ва ракетно-косм. техн. Балтийского гос. техн. ун-та «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (190005, Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская, д. 1), e-mail: sascha1a@ya.ru, канд. техн. наук, доц.;

Бондарев Алексей Владимирович – зав. лаб. горной геофизики ООО «Институт горной геомеханики и геофизики – Межотраслевой научный центр ГЕОМЕХ» (199106, Санкт-Петербург, В.О., 22-я линия, д. 3, корп. 5, лит. Е), e-mail: alex_bondarev78@mail.ru;

Борзунова Наталья Юрьевна – ст. препод. каф. криминал. и инж.-техн. эксперт. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ats75@inbox.ru;

Демёхин Феликс Владимирович – проф. каф. пож. безопасн. технол. проц. и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (195105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: demehin@creafire.ru, д-р техн. наук;

Захаров Александр Евгеньевич – ст. препод. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: frzakhsach@mail.ru;

Зорина Елена Андреевна – нач. каф. тр. права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: zorina.e@igps.ru, канд. юрид. наук, доц.;

Зыков Максим Александрович – нач. юрид. отд. ГУ МЧС России по Мурманской обл. (183025, г. Мурманск, ул. Буркова, д. 4), e-mail: maxim5190@gmail.com;

Иванов Константин Серафимович – зав. каф. механики и инж. графики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ksiva1957@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Ивахнюк Сергей Григорьевич – зам. нач. Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: sgi78@mail.ru, канд. техн. наук;

Кадочникова Елена Николаевна – доц. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: vf10@yandex.ru, канд. техн. наук, доц.;

Калач Андрей Владимирович – нач. каф. безопасн. информ. и защиты свед., сост. гос. тайну Воронеж. ин-та ФСИН России (394072, г. Воронеж, ул. Иркутская, д. 1-а), e-mail: a_kalach@mail.ru, д-р хим. наук, проф.;

Кожевин Дмитрий Федорович – нач. каф. физ.-хим. основ процессов горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: Yagmort_KDF@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Константинова Алина Станиславовна – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ak090695@yandex.ru;

Красильников Александр Владимирович – препод. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: krasilnikov.a@igps.ru, канд. техн. наук;

Крейтор Владимир Петрович – зав. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kreitor.v@igps.ru, канд. техн. наук, проф.;

Латышев Олег Михайлович – проф. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: latyshev.o@igps.ru, канд. пед. наук, проф.;

Лимонов Борис Семенович – доц. каф. пож. безопасн. зданий и автоматизир. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: limonov@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Лобова Софья Федоровна – ст. науч. сотр. отд. инновац. и информ. технол. в эксперт. пож. Исслед. центра эксперт. пож. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: sonmel1984@yandex.ru;

Малыгин Игорь Геннадьевич – дир. Ин-та проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН (199178, Санкт-Петербург, 12-я линия В.О., д. 13), тел. (812) 323-29-54, e-mail: malygin_com@mail.ru, д-р техн. наук., проф.;

Медведев Александр Юрьевич – ст. препод. каф. пож. безопасн. в строительстве Уральского ин-та ГПС МЧС России (620062, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 22), e-mail: wildbear100@gmail.com;

Меньшиков Андрей Владимирович – зав. каф. гражд. права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Мещеряков Станислав Андреевич – аспирант каф. А2 «Технологии конструкционных материалов и производства ракетно-космической техники» Балтийского гос. техн. ун-та «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (190005, Санкт-Петербург, 1-я Красноармейская, д. 1), e-mail: mail4games2012@yandex.ru;

Муталиева Лэйла Сасыкбековна – зам. нач. каф. гражд. права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. юрид. наук, доц.;

Николашин Сергей Юрьевич – доц. каф. горноспасат. дела и взрывобезопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: nicolashins_65@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Нефедьев Сергей Аркадьевич – проф. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р воен. наук, проф.;

Однолетко Александр Викторович – зам. нач. отд. операт. планирования, противодействия терроризму и обеспеч. антитеррорист. защ. ГУ МЧС по Республике Адыгея (385021, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Хакурате, д. 642); магистрант Ин-та заочн. и дистанц. обуч. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Печурин Александр Алексеевич – доц. каф. пож., авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: rechurinas@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Поташев Дмитрий Анатольевич – ст. препод.-методист отд. инновац. проект. и программ ин-та развития СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: dim-po@igps.ru;

Преснов Алексей Иванович – доц. каф. переподгот. и повыш. квалификации спец-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: presnov.a@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Савчук Олег Николаевич – проф. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85, e-mail: savchuk.o@igps.ru, канд. техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ, почетный проф. ун-та;

Самигуллин Гафур Халафович – проф. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: samigullin.g@igps.ru, д-р техн. наук, доц.;

Скодтаев Сослан Владиславович – ст. науч. сотр. отд. экспертизы пож. и орг. подгот. экспертов Исслед. центра эксперт. пож. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: ugps.ssv@mail.ru;

Сорокина Юлия Николаевна – препод. каф. гос. надзора и эксперт. пож. (в составе УНК «Государственный надзор») Ивановской пож.-спас. акад. ГПС МЧС России (153040, г. Иваново, пр-т Строителей, д. 33), e-mail: sorokina-jn@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

Столяров Святослав Олегович – препод. каф. пож. безопасн. зданий и автоматиз. систем пожаротуш. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: 79990252529@yandex.ru;

Сысоева Татьяна Павловна – ст. науч. сотр. отд. инновац. и информ. технол. в экспертизе пож. Науч.-исслед. ин-та перспектив. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: ficentre@igps.ru, канд. техн. наук;

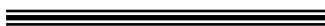
Терёхин Сергей Николаевич – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматизир. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: expert_terehin@mail.ru, д-р техн. наук, доц.;

Троянов Олег Михайлович – доц. каф. сервис безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: troyanovo@igps.ru, канд. воен. наук, доц.;

Часовникова Ольга Георгиевна – доц. каф. тр. права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: chasovnikova-og@mail.ru, канд. юрид. наук;

Шванкин Михаил Васильевич – вед. науч. сотр. лаб. горн. геофизики ООО «Институт горной геомеханики и геофизики – Межотраслевой научный центр ГЕОМЕХ» (199106, Санкт-Петербург, 22-я линия В.О., д. 3, корп. 5, лит. е), e-mail: vnimi-sgu@yandex.ru, канд. техн. наук;

Яхонтова Ольга Николаевна – препод. каф. гражд. права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: Yakhontova@igps.ru.



ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

Старейшее учебное заведение пожарно-технического профиля России образовано 18 октября 1906 г., когда на основании решения Городской Думы Санкт-Петербурга были открыты Курсы пожарных техников. Наряду с подготовкой пожарных специалистов, учебному заведению вменялось в обязанность заниматься обобщением и систематизацией пожарно-технических знаний, оформлением их в отдельные учебные дисциплины. Именно здесь были созданы первые отечественные учебники, по которым обучались все пожарные специалисты страны.

Учебным заведением за вековую историю подготовлено более 40 тыс. специалистов, которых всегда отличали не только высокие профессиональные знания, но и беспредельная преданность профессии пожарного и верность присяге. Свидетельство тому – целый ряд сотрудников и выпускников вуза, награжденных высшими наградами страны, среди них: кавалеры Георгиевских крестов, четыре Героя Советского Союза и Герой России. Далеко не случаен тот факт, что среди руководящего состава пожарной охраны страны всегда было много выпускников учебного заведения.

Сегодня федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в российское и мировое научно-образовательное пространство. Университет по разным формам обучения – очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий – осуществляет обучение по 25 программам среднего, высшего образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России.

Начальник университета – генерал-лейтенант внутренней службы, кандидат технических наук, доцент Гавкалюк Богдан Васильевич.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках специальности «Пожарная безопасность». Вместе с тем организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России. Это специалисты в области системного анализа и управления, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, экономической безопасности в подразделениях МЧС России, пожарно-технической экспертизы и дознания. По инновационным программам подготовки осуществляется обучение специалистов по специализациям «Руководство проведением спасательных операций особого риска» и «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций» со знанием иностранных языков, а также подготовка специалистов для военизированных горноспасательных частей по специальности «Горное дело».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают: 7 заслуженных деятелей науки Российской Федерации, 11 заслуженных работников высшей школы Российской Федерации, 3 заслуженных юриста Российской Федерации, заслуженные изобретатели Российской Федерации и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время осуществляют 56 докторов наук, 277 кандидатов наук, 58 профессоров, 158 доцентов, 12 академиков отраслевых академий, 8 членов-корреспондентов отраслевых

академий, 5 старших научных сотрудников, 6 почетных работников высшего профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации.

В составе университета:

- 32 кафедры;
- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт нравственно-патриотического и эстетического развития;
- Институт профессиональной подготовки;
- Институт развития;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета (ДВПСА);
- пять факультетов: факультет инженерно-технический, факультет экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации, факультет пожарной безопасности (подразделение ДВПСА), факультет дополнительного профессионального образования (подразделение ДВПСА).

Институт безопасности жизнедеятельности осуществляет образовательную деятельность по программам высшего образования по договорам об оказании платных образовательных услуг.

Приоритетным направлением в работе Института заочного и дистанционного обучения является подготовка кадров начальствующего состава для замещения соответствующих должностей в подразделениях МЧС России.

Институт развития реализует дополнительные профессиональные программы по повышению квалификации и профессиональной переподготовке в рамках выполнения государственного заказа МЧС России для совершенствования и развития системы кадрового обеспечения, а также на договорной основе.

Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности осуществляет реализацию государственной научно-технической политики, изучение и решение научно-технических проблем, информационного и методического обеспечения в области пожарной безопасности. Основные направления деятельности научно-исследовательского института: организационное и научно-методическое руководство судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России; сертификация продукции в области пожарной безопасности; проведение испытаний и разработка научно-технической продукции в области пожарной безопасности; проведение расчетов пожарного риска и расчетов динамики пожара с использованием компьютерных программ.

Факультет инженерно-технический осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Пожарная безопасность» (специализации: «Пожаротушение», «Государственный пожарный надзор», «Руководство проведением спасательных операций особого риска», «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций»), «Судебная экспертиза», по направлениям подготовки: «Системный анализ и управление», «Техносферная безопасность».

Факультет экономики и права осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Правовое обеспечение национальной безопасности», «Пожарная безопасность» (специализация «Пожарная безопасность объектов минерально-сырьевого комплекса»), «Судебная экспертиза», «Горное дело» и по направлениям подготовки «Техносферная безопасность» и «Системный анализ и управление».

Факультет подготовки кадров высшей квалификации осуществляет подготовку докторантов, адъюнктов, аспирантов по очной и заочной формам обучения.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Вытегра, Горячий Ключ (Краснодарский край), Мурманск, Петрозаводск, Пятигорск,

Севастополь, Стрежевой, Сыктывкар, Тюмень, Уфа; представительства университета за рубежом: г. Алма-Ата (Республика Казахстан), г. Баку (Азербайджанская Республика), г. Бар (Черногория), г. Ниш (Сербия).

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет 7 057 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 100 специалистов.

В университете действует два диссертационных совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим и экономическим наукам.

Ежегодно университет проводит научно-практические конференции различного уровня: Всероссийскую научно-практическую конференцию «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международную научно-практическую конференцию «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». Совместно с Северо-Западным отделением Научного Совета РАН по горению и взрыву, Российской академией ракетных и артиллерийских наук (РАРАН), Балтийским государственным техническим университетом «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и Российской секцией Международного института горения на базе университета проводится Международная научно-практическая конференция «Комплексная безопасность и физическая защита». Также университет принимает активное участие в организации и проведении Всероссийского форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность».

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами и организациями. Традиционно большим интересом пользуется выставочная экспозиция университета на Международном салоне средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность», Петербургском международном экономическом форуме, Международном форуме «Арктика: настоящее и будущее».

Международная деятельность вуза направлена на всестороннюю интеграцию университета в международное образовательное пространство. На сегодняшний момент университет имеет 18 действующих соглашений о сотрудничестве с зарубежными учебными заведениями и организациями, среди которых центры подготовки пожарных и спасателей Германии, КНР, Франции, Финляндии.

В университете обучаются иностранные курсанты из числа сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС Кыргызской Республики и Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан в пределах квот на основании межправительственных соглашений и постановления Правительства Российской Федерации от 7 декабря 1996 г. № 1448 «О подготовке лиц офицерского состава и специалистов для правоохранительных органов и таможенных служб государств-участников СНГ в образовательных учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации». В настоящее время в университете проходят обучение 30 сотрудников Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан и 15 сотрудников МЧС Кыргызской Республики.

В соответствии с двусторонними соглашениями университет осуществляет обучение по программам повышения квалификации. Регулярно проходят обучение в университете специалисты Российско-сербского гуманитарного центра, Российско-армянского центра гуманитарного реагирования, Международной организации гражданской обороны, Министерства нефти Исламской Республики Иран, пожарно-спасательных служб Финляндии, Туниса, Республики Корея и других стран.

Преподаватели, курсанты и студенты университета имеют возможность проходить стажировку за рубежом. За последнее время стажировки для профессорско-преподавательского состава и обучающихся в университете были организованы в Германии, Сербии, Финляндии, Швеции.

В университете имеются возможности для повышения уровня знания английского языка. Организовано обучение по программе дополнительного профессионального образования «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

Компьютерный парк университета составляет более 1 200 единиц. Для информационного обеспечения образовательной деятельности функционирует единая локальная сеть с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, справочно-правовую систему «КонсультантПлюс», систему «Антиплагиат». Компьютерные классы позволяют обучающимся работать в сети Интернет, с помощью которой обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса.

Нарастающая сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации образовательного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения.

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонды библиотеки университета составляют более 350 700 экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Они имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». В библиотеке осуществляется электронная книговыдача. Это дает возможность в кратчайшие сроки довести книгу до пользователя.

Читальные залы (общий и профессорский) библиотеки оснащены компьютерами с выходом в Интернет, Интранет, НЦУКС и локальную сеть университета. Создана и функционирует Электронная библиотека, она интегрирована с электронным каталогом. В сети Интранет работает Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России, объединяющая библиотеки системы МЧС России.

В Электронной библиотеке оцифровано 2/3 учебного и научного фонда. К электронной библиотеке подключены: Дальневосточный филиал и библиотека Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра». Имеется доступ к Президентской библиотеке им. Б.Н. Ельцина. Заключены договоры с ЭБС IPRbooks и ЭБС «Лань» на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде. Имеется 8 000 точек доступа.

В фондах библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 121 экземпляр. На 2019 г., в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, выписано 80 наименований журналов и газет. Все поступающие периодические издания расписываются библиографом для электронных каталога и картотеки. Издания периодической печати активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб вуза.

Полиграфический центр университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и единый план изготовления печатной продукции МЧС России. Университет издает 8 научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных мероприятий, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства Российской Федерации и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс (ISSN). Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень рецензируемых научных журналов, в которых публикуются основные научные результаты

диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. открыт Кадетский пожарно-спасательный корпус.

Кадетский пожарно-спасательный корпус осуществляет подготовку кадет по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом дополнительных образовательных программ. Основные особенности деятельности корпуса – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадет, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

В университете большое внимание уделяется спорту. Команды, состоящие из преподавателей, курсантов и слушателей, – постоянные участники различных спортивных турниров, проводимых как в России, так и за рубежом. Слушатели и курсанты университета являются членами сборных команд МЧС России по различным видам спорта.

Деятельность команды университета по пожарно-прикладному спорту (ППС) включает в себя участие в чемпионатах России среди вузов (зимний и летний), в зональных соревнованиях и чемпионате России, а также проведение бесед и консультаций, оказание практической помощи юным пожарным кадетам и спасателям при проведении тренировок по ППС.

В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по пожарно-прикладному и аварийно-спасательному спорту, хоккею, американскому футболу, волейболу, баскетболу, силовым единоборствам и др. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете Институте нравственно-патриотического и эстетического развития. Творческий коллектив университета принимает активное участие в ведомственных, городских и университетских мероприятиях, направленных на эстетическое и патриотическое воспитание молодежи, а также занимает призовые места в конкурсах, проводимых на уровне университета, города и МЧС России. На каждом курсе организована работа по созданию и развитию творческих объединений по различным направлениям: студия вокала, студия танцев, клуб веселых и находчивых. Для курсантов и студентов действует студия ораторского искусства, команда технического обеспечения, духовой оркестр.

На территории учебного заведения создается музей истории Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, в котором обучающиеся и сотрудники, а также гости университета смогут познакомиться со всеми этапами становления учебного заведения – от курсов пожарных техников до университета.

В Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов как для Государственной противопожарной службы, так и в целом для МЧС России.



АВТОРАМ ЖУРНАЛА «ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ТЕХНОСФЕРЕ»

Материалы, публикуемые в журнале, должны отвечать профилю журнала, обладать несомненной новизной, относиться к вопросу проблемного назначения, иметь прикладное значение и теоретическое обоснование и быть оформлены по следующим правилам:

1. Материалы для публикации представляются куратору журнала. Материал должен сопровождаться:

а) для **сотрудников** СПб университета ГПС МЧС России – *выпиской* из протокола заседания кафедры о целесообразности публикации и отсутствии материалов, запрещенных к публикации в открытой печати, *рецензией от члена редакционного совета* (коллегии). По желанию прилагается вторая рецензия от специалиста соответствующего профиля, имеющего ученую степень;

б) для авторов **сторонних** организаций – сопроводительным *письмом* от учреждения на имя начальника университета и *разрешением* на публикацию в открытой печати, *рецензией* от специалиста по соответствующему статье профилю, имеющему ученую степень;

в) *электронной версией* статьи, представленной в формате редактора Microsoft Word (версия не ниже 2003). Название файла должно быть следующим:

Автор1, Автор2 – Первые три слова названия статьи.doc, например: **Иванов – Анализ существующей практики.doc**;

г) *плата* с адъюнктов и аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

2. Статьи, включая рисунки и подписи к ним, список литературы, должны иметь объем от 8 до 13 машинописных страниц.

3. Оформление текста:

а) текст материала для публикации должен быть тщательно отредактирован автором;

б) текст на одной стороне листа формата А4 набирается на компьютере (шрифт Times New Roman 14, *интервал 1,5*, без переносов, в одну колонку, *все поля по 2 см*, нумерация страниц внизу посередине);

в) на первой странице авторского материала должны быть напечатаны **на русском и английском языках**: УДК (универсальная десятичная классификация); название (прописными буквами, полужирным шрифтом, без подчеркивания); инициалы и фамилии **авторов (не более трех)**; ученая степень, ученое звание, почетное звание; место работы (название учреждения), аннотация, ключевые слова.

Требования к аннотации. Аннотация должна быть краткой, информативной, отражать основные положения и выводы представляемой к публикации статьи, а также включать полученные результаты, используемые методы и другие особенности работы. Примерный объем аннотации 40–70 слов.

4. Оформление формул в тексте:

а) формулы должны быть набраны на компьютере в редакторе формул Microsoft Word (Equation), размер шрифта эквивалентен 14 (Times New Roman);

б) в формулах рекомендуется использовать буквы латинского и греческого алфавитов (курсивом);

в) формулы печатаются по центру, номер – у правого поля страницы (нумеровать следует только формулы, упоминаемые в тексте).

5. Оформление рисунков и таблиц:

а) рисунки необходимо выделять отдельным блоком для удобства переноса в тексте или вставлять из файла, выполненного в любом из общепринятых графических редакторов, под рисунком ставится: Рис. 2. и далее следуют пояснения;

б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2, на той же строке название таблицы полужирно, и далее следует сама таблица);

в) если в тексте одна таблица или один рисунок, то их нумеровать не следует;

г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;

д) в тексте ссылки на таблицы и рисунки делаются следующим образом: рис. 2, табл. 4, если всего один рисунок или одна таблица, то слово пишется целиком: таблица, рисунок.

6. Оформление библиографии (списка литературы):

Список литературы должен содержать не менее 10 источников. При этом в него не следует включать ссылки на учебники, учебные пособия, патенты, ГОСТы, приказы, распоряжения и другие нормативные документы, сайты компаний и т.п. Информация о них должна быть дана непосредственно по тексту или в сносках. Если статья рассматривает проблемы нормирования, то нормативные документы допускается включать в Список литературы.

При этом количество ссылок на статьи из иностранных научных журналов и другие иностранные источники должно быть не менее 30 % от общего количества ссылок. Не более половины от оставшихся 70 % должны составлять статьи из русскоязычных научных журналов, остальное – другие первоисточники на русском языке.

В списке литературы должно быть не более 30 % источников, автором либо соавтором которых является автор статьи.

Не менее половины источников должны быть включены в один из ведущих индексов цитирования: Российский индекс научного цитирования eLibrary, Web of Science, Scopus, Chemical Abstracts, MathSciNet, Springer и др. В случае присвоения публикациям цифрового идентификатора объекта (DOI) его необходимо указать, что позволит однозначно идентифицировать объект в базах данных (в поиске DOI поможет сайт <http://www.crossref.org/>).

Состав источников должен быть актуальным и содержать не менее половины современных (не старше 7 лет) статей из научных журналов или других публикаций.

Правила оформления списка литературы:

а) в тексте ссылки на цитируемую литературу обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках;

б) список должен содержать цитируемую литературу, пронумерованную в порядке ее упоминания в тексте.

Приставительные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

1. Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопросы философии. 1992. № 10. С. 76–86.

2. Информационные аналитические признаки диагностики нефтепродуктов на местах чрезвычайных ситуаций / М.А. Галишев [и др.] // Жизнь и безопасность. 2004. № 3–4. С. 134–137.

3. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: пособ. для лесных пожарных. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИЛМ, 2002.

4. Грэждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневого процесса: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.

5. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Безопасность и отдых: системный взгляд на проблему рисков // Туризм и рекреация: тр. II Междунар. конф. / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2007. С. 329–334.

6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электрон. науч. журн. 2006. № 4. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).

7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3 503.

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

Сведения об авторах прилагаются в конце статьи и включают: Ф.И.О. (полностью), должность, место работы с указанием адреса и его почтового индекса; номер телефона, адрес электронной почты, ученую степень, ученое звание, почетное звание.

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

Внимание авторов: материалы, оформленные без соблюдения настоящих требований, будут возвращаться на доработку.

Редакция оставляет за собой право направлять статьи на дополнительное анонимное рецензирование.

МЧС РОССИИ
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы»

Научно-аналитический журнал

Проблемы управления рисками в техносфере
№ 4 (60) – 2021

Подписной индекс № ПА482 в электронном каталоге «Почта России»

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-36404 от 20 мая 2009 г.

Редактор П.А. Болотова

Подписано в печать 29.12.2021. Формат 60×84_{1/8}.
Усл.-печ. л. 22,25 Тираж 1000 экз. Зак. № 99

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149